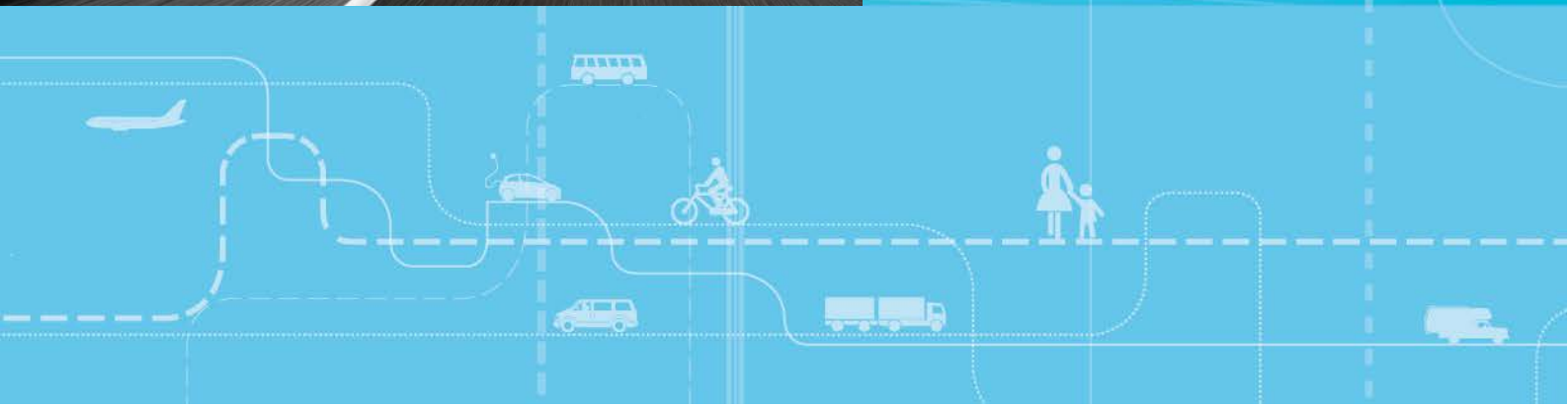


Stefan Flügel
Askill H. Halse
Knut J. L. Hartveit
Nina Hulleberg
Christian Steinsland
Aino Ukkonen

Verdsetting av kjørekomfort for ulike veityper



Verdsetting av kjørekomfort for ulike veityper

Stefan Flügel
Askill H. Halse
Knut J. L. Hartveit
Nina Hulleberg
Christian Steinsland
Aino Ukkonen

Forsidebilde: Shutterstock

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Verdsetting av kjørekomfort for ulike veityper

Title: Valuation of driving comfort for different road types

Forfattere: Stefan Flügel, Askill H. Halse, Knut J. L. Hartveit, Nina Hulleberg, Christian Steinsland, Aino Ukkonen

Authors: Stefan Flügel, Askill H. Halse, Knut Hartveit, Nina Hulleberg, Christian Steinsland, Aino Ukkonen

Dato: 08.2020

Date: 08.2020

TØI-rapport: 1774/2020

TØI Report: 1774/2020

Sider: 43

Pages: 43

ISSN elektronisk: 2535-5104

ISSN: 2535-5104

ISBN elektronisk: 978-82-480-2020-2109-4

ISBN Electronic: 978-82-480-2020-2109-4

Finansieringskilder: Nye Veier AS
Statens vegvesen

Financed by: Nye Veier AS
The Norwegian Public Roads Administration

Prosjekt: 4879 – Kjørekomfort

Project: 4879 – Driving comfort

Prosjektleder: Askill H. Halse

Project Manager: Askill H. Halse

Kvalitetsansvarlig: Vegard Østli

Quality Manager: Vegard Østli

Fagfelt: Samfunnsøkonomiske analyser

Research Area: Economic modelling

Emneord: Brukernytte
Komfort
Nytte-kostnadsanalyse
Tidsverdi
Vegstandard
Vegtype

Keywords: Comfort
Cost benefit analysis
User benefit
Value of travel time

Sammendrag:

Formålet med prosjektet er å gi anbefalinger om hvordan en kan inkludere verdien av kjørekomfort knyttet til veitype i samfunnsøkonomiske analyser av veiprosjekter. Dette blir gjort ved å bruke ulike tidsverdier for ulike veityper, der veityper med høyere kjørekomfort har lavere tidsverdi. Det finnes lite tilgjengelig empiri om dette, men vi har basert anbefalingene våre på internasjonal litteratur i kombinasjon med en analyse av data fra bompengeprojektet E18 Arendal–Tvedestrand. Vi anbefaler at firefeltsveier får 20 prosent lavere tidsverdi enn gjennomsnittet, mens tofeltsveier uten gul midtstripe får 15 prosent høyere tidsverdi. Vi understreker samtidig at anslagene er usikre, og anbefaler mer forskning på dette der en samler inn og analyserer data om de bilreisendes valg av reiserute.

Summary:

The purpose of this project is to provide recommendations regarding how to include the value of driving comfort related to road type in economic appraisal of road projects. This is done by using different values of travel time for different road types, where road types with a high level of driving comfort have a lower value of travel time. There is little existing evidence on this, but we have based our recommendations on international literature combined with an analysis of data from the toll road project E18 Arendal–Tvedestrand. Compared to the average value of travel time, we recommend using a 20 percent lower value of travel time on for four-lane highways, and a 15 percent higher travel time on two-lane highways without yellow lane marking. We emphasise that the estimates are uncertain and recommend more research, including collecting and analysing data on the route choice of car travellers.

Language of report: Norwegian

*Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no*

*Institute of Transport Economics
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no*

Forord

Denne rapporten viser resultatene av et prosjekt gjennomført ved TØI for Nye Veier AS og Statens vegvesen om den samfunnsøkonomiske verdien av kjørekømført knyttet til veitype og veikvalitet. Formålet med prosjektet har vært å utvikle en metode og anbefale konkrete verdier som kan brukes til å inkludere denne verdien i samfunnsøkonomiske analyser av veiprosjekter.

Prosjektleder Askill Harkjerr Halse har hatt det overordnede ansvaret for prosjektet og har ledet arbeidet i nært samarbeid med Stefan Flügel, som har vært sentral i alle de ulike aktivitetene. Knut Johannes Liland Hartveit har vært hovedansvarlig for litteraturstudien i kapittel 4. Nina Hulleberg og Christian Steinsland har hentet ut data for transportarbeid på ulike veityper (kapittel 2.2). Aino Ukkonen har hjulpet til med utregningene i det empiriske caset i kapittel 5 og har skrevet vedlegg A. Alle forfatterne har deltatt i diskusjoner av det overordnede metodiske opplegget og anbefalingene. I tillegg har vi fått hjelp av Alena Høye med uttak av modellresultater fra ulykkesmodellen (avsnitt 3.2). Vegard Østli har stått for intern kvalitetssikring av rapporten. Dag Yngvar Åsland (Nye Veier), James Odeck (Statens vegvesen) og Oskar Kleven (Statens vegvesen) har representert oppdragsgiver og deltatt aktivt i diskusjoner om metodisk opplegg og anbefalinger. Vi har også fått nyttige innspill fra en rekke andre personer hos oppdragsgiver og de øvrige transportvirksomhetene.

Oslo, august 2020

Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
Direktør

Kjell Werner Jobansen
Avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Bakgrunn og problemstilling	1
2	Definisjoner og kategorier	2
2.1	Tolkning av kjørekomfort.....	2
2.2	Veikategorier	2
2.3	Identifikasjon av veikategorier.....	3
2.4	Andeler av dagens transportarbeid	6
3	Komfort og trafiksikkerhet	8
3.1	Sammenheng mellom komfort og trafiksikkerhet.....	8
3.2	Ulykkesrisiko på ulike veikategorier ifølge ulykkesmodellen	9
4	Eksisterende litteratur	12
4.1	Verdsetting av antall felt og kurvatur (Hensher og Sullivan 2003)	12
4.2	Andre kvantifiserte komforteffekter.....	13
4.3	Verdsetting av tid i kø.....	19
5	Empirisk case Tvedestrand–Arendal	21
6	Oppsummering av verdier og diskusjon	25
6.1	Kvantitativ oppsummering	25
6.2	Justering for ulykkesrisiko	27
6.3	Faktorer i forhold til tidsverdi på en typisk reise.....	28
6.4	Sammenheng med andre faktorer	29
6.5	Faktorer for ulike segmenter.....	29
6.6	Utvikling over tid.....	30
6.7	Stilisert regneksempel	31
7	Anbefalinger	34
7.1	Tidsverdier for ulike veityper.....	34
7.2	Implementering og uttesting.....	35
7.3	Operasjonalisering av veityper i modellsystemet.....	35
7.4	Usikkerhet og videre forskning	36
	Referanser	37
	Vedlegg	39
	Vedlegg A: Matematisk løsning av modell	40
	Vedlegg B: Beregning av gjennomsnittlig tidsverdi for cases Tvedestrand- Arendal	43

Sammendrag

Verdsetting av kjørekomfort for ulike veityper

TØI rapport 1774/2020

Forfattere: Stefan Flügel, Askill H. Halse, Knut J. L. Hartveit, Nina Hulleberg, Christian Steinsland og Aino Ukkonen
Oslo 2020 43 sider

Formålet med prosjektet er å gi anbefalinger om hvordan en kan inkludere verdien av kjørekomfort knyttet til veitype i samfunnsøkonomiske analyser av veiprojekter. Dette blir gjort ved å bruke ulike tidsverdier for ulike veityper, der veityper med høyere kjørekomfort har lavere tidsverdi. Anbefalingene bygger på internasjonal litteratur i kombinasjon med en analyse av data fra bompengeprojektet E18 Arendal–Tvedestrand. Vi anbefaler at firefeltsveier får 20 prosent lavere tidsverdi enn gjennomsnittet, mens tofeltsveier uten gul midtstripe får 15 prosent høyere tidsverdi. Vi understreker samtidig at anslagene er usikre, og anbefaler mer forskning på dette der en samler inn og analyser data om de bilreisendes valg av reiserute.

Formål og teoretisk grunnlag

I denne rapporten har vi studert verdsetting av kjørekomfort for ulike veityper. Formålet med prosjektet har vært å anbefale konkrete verdier som kan brukes til å inkludere denne verdien i samfunnsøkonomiske analyser av veiprojekter. Dette vil gi et bedre beslutningsgrunnlag, spesielt for veiprojekter der det bygges nye og mer komfortable veier.

Kjørekomfort verdsettes ved å bruke ulike tidsverdier for ulike veityper, der veityper med høyere kjørekomfort har lavere tidsverdi. Tidsverdiene kan uttrykkes ved tidsverdifaktorer som angir tidsverdien på en veitype relativt til veitypen med høyest komfort eller relativt til gjennomsnittet. Vi har ikke inkludert den eventuelle effekten av veikvalitet på kjørekostnader.

Beregningene og anbefalingene av tidsverdifaktorer har vi gjort med utgangspunkt i teoretiske diskusjoner knyttet til temaet, en litteraturstudie og et empirisk case. Teoretisk definerer vi kjørekomfort som et samlebegrep som både fanger opp økt produktivitet (mer nyttig bruk av reisetid), økt kjøre glede og redusert utrygghet.

Utrygghet har en sterk tilknytning til trafikksikkerhet, og flere tiltak som er rettet mot ulykkesrisiko vil også ha en effekt på opplevd utrygghet og dermed på kjørekomfort. Samtidig inngår som regel ulykkesrisiko i nytte-kostnadsberegninger som en egen post, og dersom det ikke tas høyde for dette, risikerer man dobbelttelling. Når vi tallfester komforteffekten i dette prosjektet er vi altså interessert i å få med effekten på opplevd utrygghet, men ikke effekten på objektiv ulykkesrisiko.

Noen andre tema som kan ha overlapp er kø, fartsgrense og veistandard. Kø påvirker hovedsakelig framkommeligheten (tidsbruk), men også komfort. Den nye verdsettingsstudien inkluderer anbefalte faktorer for å ta hensyn til komforteffekten av kø, og vi ønsker derfor å holde dette utenfor. Fartsgrense påvirker framkommelighet og trafikksikkerhet, men har trolig ikke noen direkte påvirkning på kjørekomfort. Veistandard påvirker derimot både kjørekomfort, framkommelighet og trafikksikkerhet, og vi ønsker her å kun ha med effektene veistandard har på kjørekomfort.

Eksisterende litteratur og empirisk case

Vi finner at det er en svært begrenset litteratur som omhandler verdsetting av kjørekøkomfort for ulike veityper. Derfor har vi fokusert på å få med tilgrensende og delvis relevante temaer. En sentral artikkel for denne rapporten er Hensher og Sullivan (2003), som tar for seg verdsetting av antall felt og kurvatur på vei. Ved hjelp av en undersøkelse basert på stated preference (SP) beregner Hensher og Sullivan (2003) betalingsvilligheten for antall felt og kurvatur. Vi regner om betalingsvilligheten til tidsverdifaktorer, og sammenlikner disse med faktorer fra studier av relaterte temaer.

Veimyndighetene i New Zealand har blant annet inkludert kvalitet på veioverflate i sin veileder for samfunnsøkonomisk analyse, med tilhørende tidsverdi for ulike standarder, som vi inkluderer i vurderingene våre. Videre har vi sett på litteratur som omtaler sykkelinfrastruktur, skinnfaktor og autonome biler og verdsetting av tid i kø som også kan uttrykkes som tidsverdifaktorer.

Rapporten inkluderer et norsk empirisk case, som tar for seg E18 Tvedestrand–Arendal. Der ble en moderne 4-feltsvei bygget «parallel» til en gammel 2-feltsvei. Ettersom det eksisterer trafikktelepunkter på ny og gammel vei etter åpning av den nye veien, kan vi analysere rutevalgene til bilistene. Basert på dette kan vi avlede adferdsparametrene, deriblant tidsverdien.

Resultatene av det empiriske caset er følsomme for hvilket nivå på tidsverdien en antar i utgangspunktet. Dersom tidsverdien er høy, trenger en ikke differensiere så mye etter veitype for å forklare de reisendes valg, som en trenger ved lav tidsverdi. I tillegg må en gjøre antakelser om i hvor stor grad skilting kan bidra til å forklare at reisende velger den nye veien. Denne skiltingseffekten er en fast preferanse for ny vei over gammel vei som ikke henger sammen med reisetida. Dersom den antatte skiltingseffekten er høy, blir tidsverdifaktorene lavere.

Oppsummering og anbefalinger

I anbefalingene av tidsverdifaktorer har vi lagt vekt både på den eksisterende litteraturen og resultatene fra det empiriske caset Arendal–Tvedestrand. Litteraturen viser at mange av tidsverdifaktorene ligger på rundt 2, for eksempel 2,05 for å kjøre på svært dårlig og ujevn veioverflate versus en jevn overflate. Dette tilsvarer at tidsverdien for den aktuelle veitypen er dobbelt så høy som ved antatt høyeste komfortnivå. Det må anses som en relativ stor verdi og – hvis oversatt til rutevalg – innebærer at man er villig til å godta dobbelt så lang reisetid hvis man kan få bedre komfort. Litteraturen om sterk kø finner tidsverdifaktorer oppunder 2,0 (2,3 i den norske verdsettingsstudien), noe som kan tale for at dette kanskje ikke er urimelig høyt. Komfortfaktorer innen kollektivtransport ligger generelt noe lavere. Det empiriske caset tyder på betydelig lavere tidsverdifaktorer enn litteraturen. Selv om en antar at valg av kjørerute utelukkende kan forklares av forskjeller i tidsverdi knyttet til kjørekøkomfort – og ikke en eventuell effekt av skilting – blir forholdet i tidsverdi mellom den nye firefeltsveien og den gamle tofeltsveien kun beregnet å være 1,33. I anbefalingene våre har vi lagt oss nær dette, og samtidig brukt funnene fra litteraturen til å skille mellom de øvrige veitypene.

Vi har også gjort en justering av faktorene for å ta hensyn til at en del av nytten kan være knyttet til trafikkikkerhet, og at dette må skilles ut for å unngå dobbelttelling i samfunnsøkonomiske analyser. For bruk av tidsverdifaktorene i nytteberegninger der verdsetting av ulykkesrisiko inngår som en egen post forslår vi derfor en nedjusteringsfaktor på tidsverdifaktorene på 25 % for alle typer veier (utenom by).

Basert på en samlet vurdering av funnene anbefaler vi å bruke tidsverdifaktorene i Tabell S.1 for samfunnsøkonomiske analyser der en ønsker å skille mellom ulike veityper. Tidsverdiene er angitt som faktorer som uttrykker verdsettingen relativt til tidsverdien for en typisk reise. Vi har normalisert faktorene slik at den typiske reisen har faktor 1, mens bedre veier har en faktor under 1 og dårligere veier har en faktor over 1. For å få tidsverdien i kroner for en bestemt veitype, skal en altså multiplisere denne faktoren med de nasjonale tidsverdiene fra den nye verdsettingsstudien.

Tabell S.1.1: Anbefalte tidsverdifaktorer for ulike veityper, relativt til tidsverdien på en typisk reise.

Veitype	Bilfører		Bilpassasjer	
	Tjeneste-reiser	Arbeids- og fritidsreiser	Tjeneste-reiser	Arbeids- og fritidsreiser
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)	1	1	1	1
Firefeltsvei (over 50 km/t)	0,8	0,8	0,8	0,8
Trefeltsvei (over 50 km/t)	0,9	0,9	0,9	0,9
Tofeltsvei med gul midtstripe (over 50 km/t)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tofeltsvei uten gul midtstripe (over 50 km/t)	1,15	1,15	1,15	1,15

Faktorene inkluderer verdsetting av kjørekomfort knyttet til veitype. Dette inkluderer ikke verdsettingen av forskjeller i ulykkesrisiko (drepte og hardt skadde) mellom ulike veityper. Verdien av dette kan altså inkluderes i tillegg i den samfunnsøkonomiske analysen uten at det blir dobbelttelling.

Faktorene inkluderer heller ikke eventuelle forskjeller i grad av kø på ulike veityper. Effekten av kø på tidsverdi kan altså inkluderes i tillegg uten at dette blir dobbelttelling. Vi anbefaler imidlertid at en som hovedregel ikke kombinerer effekten av veitype og effekten av kø. Dette både fordi det kan gi betydelige utslag på tidsverdien og fordi det trolig ikke er så mange prosjekter der begge disse temaene er relevante. Dersom faktorene skal anvendes i kombinasjon, anbefaler vi at de nedjusteres noe, slik at den samlede effekten ikke gir ekstreme utslag.

For beregning av enhetsverdier framover i tid anbefaler vi at en benytter tidsverdifaktorene over uavhengig av beregningsår, kombinert med tidsverdier som er realprisjustert i tråd med gjeldende praksis.

Vi understreker samtidig at anslagene er usikre, og anbefaler mer forskning på dette teamet, der en samler inn og analyser data om de bilreisendes valg av reiserute.

Summary

Valuation of driving comfort for different road types

TØI Report 1774/2020

Authors: Stefan Flügel, Askill H. Halse, Knut J. L. Hartveit, Nina Hulleberg, Christian Steinsland & Aino Ukkonen
Oslo 2020 43 pages Norwegian

The purpose of this project is to provide recommendations regarding how to include the value of driving comfort related to road type in economic appraisal of road projects. This is done by using different values of travel time for different road types, where road types with a high level of driving comfort have a lower value of travel time. Our recommendations are based on international literature combined with an analysis of data from the toll road project E18 Arendal–Tvedestrand. Compared to the average value of travel time, we recommend using a 20 percent lower value of travel time on four-lane highways, and a 15 percent higher travel time on two-lane highways without yellow lane marking. We emphasise that the estimates are uncertain and recommend more research, including collecting and analysing data on the route choice of car travellers.

Objective and theoretical foundation

In the present report, we have studied the valuation of driving comfort for different road types. The objective of the project has been to recommend concrete values to include this value in economic appraisals of road projects. This is achieved by using different values of travel time (VTT) for different road types, where road types with higher driving comfort have lower VTT. The VTT can be expressed by VTT multipliers that express the VTT of a road type relative to the road type with the highest comfort, or relative to the average. We do not consider the potential effect of road quality on driving costs.

The calculations and recommendations of VTT multipliers has been done based on theoretical discussions related to the subject, a literature review and an empirical case study. Our theoretical definition of driving comfort is a joint term that captures increased productivity (more useful use of travel time), increased enjoyment of driving and reduced subjective perception of insecurity while driving.

Insecurity is strongly linked to traffic safety, and multiple measures aimed towards reducing the likelihood of accidents will also have an effect on perceived insecurity, and hence driving comfort. At the same time, the risk of accidents is usually included in cost benefit analyses as a separate entry, meaning that if this is not accounted for, one have a risk of double counting. When we in the present project quantify the comfort effect, we are therefore interested in including the effect of perceived insecurity, but not the effect of objective risk of accidents.

Other topics that may overlap are congestion, speed limit and road standard. Congestion mainly affect travel time, but also comfort. The new Norwegian valuation study includes recommendations of factors to take account for the comfort effect of congestion, and we therefore want to exclude this. Speed limit affects accessibility and traffic safety, but it probably does not have a direct effect on driving comfort. Road standard, on the other hand, affects both driving comfort, accessibility and traffic safety, and we only want to include the effects that road standard has on driving comfort.

Existing literature and empirical case

The aforementioned factors reoccur in the literature study. We find that there is a very limited literature concerning valuation of driving comfort for different road types. Due to this, we have focused on including related and somewhat relevant topics. A central article for the present report is Hensher and Sullivan (2003), which studies valuation of the number of lanes and curvature of roads. Using a stated preference (SP) study, they calculate willingness-to-pay (WTP) for number of lanes and curvature. We convert the WTP to value of time (VTT) multipliers, and compare these with multipliers from studies of related topics.

The New Zealand Transport Agency has, among other factors, included the quality of road surface in their economic evaluation manual with corresponding VTT for different standards, which we include in our assessments. Furthermore, we have included literature that discuss bicycle infrastructure, mode effects, autonomous cars and VTT of time spent in congestion, that also can be expressed as VTT multipliers.

The report includes a Norwegian empirical case, the E18 Tvedestrand – Arendal. This was a project where a modern 4 lane road was built “parallel” to an old 2 lane road. Since traffic counts exist both on the new and old road after the opening of the new road, we can analyse the route choice of the car drivers. Based on this we can derive behavioural parameters, including the VTT multipliers.

The results of the empirical case are sensitive to the level of VTT one originally assumes. If the VTT is high, one does not need to differentiate as much by road type to explain the travellers choices, as one needs if the VTT is low. In addition, one must make assumptions regarding the extent of how much signage can contribute to explaining that travellers choose the new road. This signage effect is a fixed preference for the new road vs. the old road which is not related to travel time. If the assumed signage effect is high, the VTT multipliers will be lower.

Summary and recommendations

In the recommendations of VTT multipliers, we have given weight to the existing literature and the empirical case of Arendal-Tvedestrand. The literature shows that many of the VTT multipliers are close to 2, for example 2,05 for driving on a road with a very rough and uneven surface versus an even surface. This implies that the VTT of the relevant road type is twice as high as the VTT at the assumed highest comfort level. This must be regarded as a relatively high value and – if translated to route choice – implies that one is willing to accept double the travel time as long as it is possible to achieve better comfort. Literature on heavy congestion finds time value factors just below 2,0 (2,3 in the new Norwegian valuation study), which might suggest that this is not unreasonably high. Meanwhile, comfort effects within public transport are generally lower.

The empirical case indicates considerably lower factors than the literature. Even if one assumes that the choice of travel route is explained solely by differences in VTT related to driving comfort – i.e. no signage effect – the ratio of VTT between the new four lane road and the old two lane road is still estimated to be as low as 1,33. In our recommendations we are staying close to this result, and use the findings from the literature to separate the different road types.

We have also done an adjustment of the VTT multipliers to account for that some of the benefit can be linked to traffic safety, and that this must be separated to prevent double counting in economic appraisal. Because of this, we suggest a downwards adjustment of

the VTT multipliers of 25 % for all road types (outside cities) for use of the VTT multipliers in cost benefit analyses where valuation of risk of accidents is a separate entry. Based on a combined assessment of our findings, we recommend to use the VTT multipliers in Table S.2 for economic appraisals that differentiate between road types. The time values are specified as factors that express the valuation relative to the time value for a typical journey. We have normalized the multipliers so that the typical journey has a multiplier of 1, while the better roads have a multiplier lower than 1 and poorer roads have a multiplier higher than 1. To convert the time value in kroners for a specific road type, one should multiply this factor by the VTT from the national value of time study.

Table S.2: Recommended time value factors for different road types, relative to the time value of a typical journey.

Road type	Car driver		Car passenger	
	Business travel	Commuting and leisure trips	Business travel	Commuting and leisure trips
Roads in densely populated areas (up to 50 km/h)	1	1	1	1
Four lane road (over 50 km/h)	0.8	0.8	0.8	0.8
Three lane road (over 50 km/h)	0.9	0.9	0.9	0.9
Two lane road with yellow median strip (over 50 km/h)	1.0	1.0	1.0	1.0
Two lane road without yellow median strip (over 50 km/h)	1.15	1.15	1.15	1.15

The multipliers include valuation of driving comfort related to road type. This does not include the valuation of differences in risk of accidents (killed and severely hurt) between different road types. The value of this can hence be included in the economical appraisal without leading to double counting.

Furthermore, the multipliers do not reflect differences in the degree of congestion between road types. The effect of congestion on the value of travel time can hence be included without leading to double counting. Still, we recommend not combining the effect of road type and the effect of congestion. This is because it can give sizable effects on the time value and also because there is probably not many projects where both of these aspects are relevant. If the factors are going to be used in combination, we recommend that they are adjusted downwards, so that the combined effect does not lead to extreme outcomes.

For projecting of unit values to future years, we recommend using the multipliers above regardless of the year of analysis, combined with values of travel time that are real price adjusted in line with current practice.

We emphasize that our estimates are uncertain, and recommend more research on this topic. This should include collection and analysis of data on the route choices of car travelers.

1 Bakgrunn og problemstilling

Formålet med dette prosjektet er å utvikle en løsning for å verdsette kjørekomfort i samfunnsøkonomiske analyser som kan brukes til analyser av prosjekter til kommende Nasjonal transportplan (NTP). Vi forventer at en inkludering av kjørekomfort i nytte-kostnadsanalyser vil kunne forbedre beslutningsgrunnlaget, spesielt for veiprojekter der det bygges nye og mer komfortable veier.

Forskjeller i kjørekomfort inngår i dag verken i transportmodeller eller beregninger av trafikantnytte. Det finnes enhetsverdier for verdsetting av reisetid i kø og verdsetting av variasjon i reisetiden, men disse fanger i liten grad opp komforteffekten av å kjøre på en vei med høy standard sammenliknet med en vei med lavere standard. Kjørekomfort henger til en viss grad også sammen med risikoen for ulykker, som i samfunns-økonomiske analyser blir behandlet som en ekstern kostnad og ikke en del av trafikantnytt.

I fagmiljøene har en sett noen eksempler på manglende konsistens mellom forutsetningene for trafikkberegninger og beregninger av trafikantnytte. Dette blir tydelig i de tilfellene der de reisende kan velge mellom en ny vei med høy standard og bompenger og en gammel vei med lavere standard uten bompenger. Trafikk-beregningene viser her at en del reisende velger den nye veien selv om de ifølge trafikantnytt får lavere nytte av dette. Denne inkonsistensen kan henge sammen med en komforteffekt. Dersom en skal verdsette komforteffekten, bør dette derfor gjøres på en måte som også bidrar til å gjøre denne inkonsistensen mindre.

I dette prosjektet har vi tatt utgangspunkt i at komforteffekten kan uttrykkes i form av ulik verdsetting av reisetid («tidsverdi») på ulike veityper. Vi anser det som rimelig å anta at betydningen av komfort på en bilreise er nokså proporsjonal med hvor lenge reisen varer. Det betyr imidlertid at vi ser bort fra forskjeller i preferanser for ulike veityper som ikke er knyttet til hvor lenge en kjører på veien. Dette kan for eksempel være knyttet til skilting eller hvor lett veien er å komme inn på. I det empiriske caset i kapittel 5 har vi forsøkt å kontrollere for denne effekten.

Resultatene er beregnet og rapportert som *tidsverdifaktorer* som angir tidsverdien på en veitype relativt til andre veityper. Alle veityper får beregnet en egen faktor. En høy faktor innebærer en høy tidsverdi for gitt veitype og reflekterer en lav kjørekomfort på denne veien. På veier med lav komfort (høy tidsverdi) vil bilistene ha høyere betalingsvillighet for å spare reisetid.

Det anbefalte opplegget skiller videre kun mellom hovedgrupper av veityper, det tar ikke hensyn til enkeltelementer som inngår i veitypen, som for eksempel tunneler. Det er grunn til å tro at også dette har betydning for kjørekomforten, men det ligger utenfor dette prosjektet. Hovedformålet her har vært å utvikle en løsning som på en bedre måte kunne fange opp effektene av å erstatte en gammel vei med en ny vei av høyere standard.

I kapittel 2 redegjør vi grupperingen vår av veityper og viser hvordan trafikkarbeidet i Norge er fordelt på disse. I kapittel 3 diskuterer vi skillet mellom kjørekomfort og andre nyttekomponenter som kø og trafiksikkerhet. Kapittel 4 inneholder en gjennomgang av relevant litteratur når det gjelder kjørekomfort og andre komforteffekter. Kapittel 5 viser hvordan eksemplet ny firefeltsvei mellom Arendal og Tvedestrand kan brukes til å beregne tidsverdifaktorer for ulike veityper. Kapittel 6 gir en oppsummering og diskusjon av de ulike funnene i de foregående kapitlene, og kapittel 7 inneholder anbefalingene våre når det gjelder tidsverdifaktorer, anvendelse og videre forskning.

2 Definisjoner og kategorier

I dette kapittelet gjør vi rede for definisjonen vår av kjørekømført og veitypene vi anbefaler å bruke ulike tidsverdier for. Inndelingen er gjort i samråd med oppdragsgiver, og er basert på hvilke egenskaper ved veien det er grunn til å tro at har mest betydning for kjørekømført. Vi har samtidig tatt hensyn til hva som er praktisk hensiktsmessig, særlig med tanke på at opplegget skal kunne implementeres i analysene til kommende NTP.

2.1 Tolkning av kjørekømført

Vi kan tenke oss at økt kjørekømført har sitt opphav i:

1. økt produktivitet (mer nyttig bruk av reisetid)
2. økt kjøreglede (flere positive opplevelser av selve bilkjøringen)
3. redusert utrygghet (mindre negative opplevelser av selve bilkjøringen)

Økt produktivitet vil med dagens bilteknologi være mest relevant for bilpassasjerer, mens i fremtiden vil den også være en viktig faktor for bilføreren. Denne effekten inneholder også redusert risiko for å bli bilsyk.

Økt kjøreglede er noe som tilfaller bilførerne (i mindre grad bilpassasjerer) og fanger opp at bedre veistandard gjør det mer behagelig å kjøre (utover økt produktivitet).

Det tredje elementet, utrygghet, har en sterk tilknytning til trafikksikkerhet, som vi her definerer som objektiv risiko for lettere personskade og/eller hardt skadde/døde. Vi kommer nærmere inn på dette i kapittel 3.

I tillegg kan forskjeller i veikvalitet påvirke *kjørekøstnadene* (se f. eks. Jiao og Binevenu 2015). Dette er i utgangspunktet utenfor temaet for denne rapporten, men vi er innom denne sammenhengen som en del av litteraturgjennomgangen i kapittel 4.

2.2 Veikategorier

En viktig avgrensning vi har gjort er å kun skille mellom ulike veityper for veier utenfor tettbygd strøk, definert som veier med fartsgrense høyere enn 50 km/t. Det betyr at vi antar lik kjørekømført på alle veier innad i byer og tettsteder. Innad i disse områdene vil trolig andre faktorer som kø og pålitelighet ha større betydning. Nyttien av å gjøre tiltak vil altså fortsatt variere mye også innad i byområder, men disse forskjellene vil være knyttet til andre ting enn kjørekømført slik vi har definert det.

Videre antar vi at tidsverdien i tettbygd strøk – alt annet likt – tilsvarer gjennomsnittet av tidsverdiene for de øvrige veitypene utenfor tettbygd strøk, vektet etter dagens transportarbeid.¹ Begrunnelsen for dette er at dagens anbefalte tidsverdier (Flügel mfl. 2020) er basert på et nasjonalt utvalg som dekker kjøring både i og utenfor tettbygd strøk.

¹ Dersom det skjer en gradvis oppgradering av veinettet og en beholder disse faktorene framover i tid, vil det bety at tidsverdien i byområder på sikt blir noe høyere enn snittet utenfor byområder.

Vi har ingen direkte informasjon om hva slags vei kjøringen foregikk på, og har derfor ikke grunnlag for å si om tidsverdien i tettbygd strøk generelt er høyere eller lavere enn utenfor tettbygd strøk.² Forskjeller i reiselengde, reisemål og så videre er uansett ivaretatt av at en bruker ulike tidsverdier for ulike segmenter.

For veier utenfor tettbygd strøk har vi delt inn i fire veityper. Vi får dermed følgende inndeling:

1. Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)
2. Firefeltsvei (over 50 km/t)
3. Trefeltsvei (over 50 km/t)
4. Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)
5. Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)

Inndelingen (2-5) er basert på at dette er veityper som normalt har nokså ulik standard, og dermed trolig ulik kjørekomfort. At inndelingen er basert på antall felt og om en har midtstripe, betyr ikke at vi antar at disse egenskapene er de eneste som har betydning. Tvert imot regner vi med at disse egenskapene er høyt korrelert med andre viktige egenskaper som for eksempel veioverflate, kurvatur, veibredde og forbikjøringsmuligheter, og at inndelingen dermed også fanger opp verdsettingen av disse.

Tabell 2.1 viser en skjønsmessig vurdering av hvordan disse elementene i forrige delkapittel varierer over type veikategorier.

Tabell 2.1: Vurdering av ulike typer nyttekomponenter som inngår i kjørekomfort for ulike veityper.

Vegkategori	Produktivitet	Kjøreglede	Utrygghet	Forventet tidsverdifaktor
Firefeltsvei	Høy	Høy	Moderat	<1
Trefeltsvei	Moderat	Moderat	Moderat	Nær 1
Tofeltsvei med midtstripe	Moderat	Lav	Moderat	Nær 1
Tofeltsvei uten midtstripe	Lav	Lav	Høy	>1

Vi understreker at faktorene er ment å fange opp forskjeller i tidsverdi mellom veityper alt annet likt – det vil si for samme reisende, reisemål og reiselengde. At disse faktorene også vil variere mellom veityper håndteres ved at en benytter tidsverdier som varierer etter reisemål og reiselengde. Om en også skal benytte tidsverdier som varierer geografisk er en annen diskusjon som vi ikke skal komme inn på her.³

2.3 Identifikasjon av veikategorier

Nasjonal vegdatabank (NVDB) er en database som inneholder informasjon om veinettet og forskjellig informasjon som er knyttet til veien. Alle data i NVDB er fritt tilgjengelige etter Norsk lisens for offentlige data. I dette prosjektet har vi tatt utgangspunkt i tre kategorier fra NVDB: Fartsgrense (kategori 105), antall felt (kategori 616, feltstrekning) og

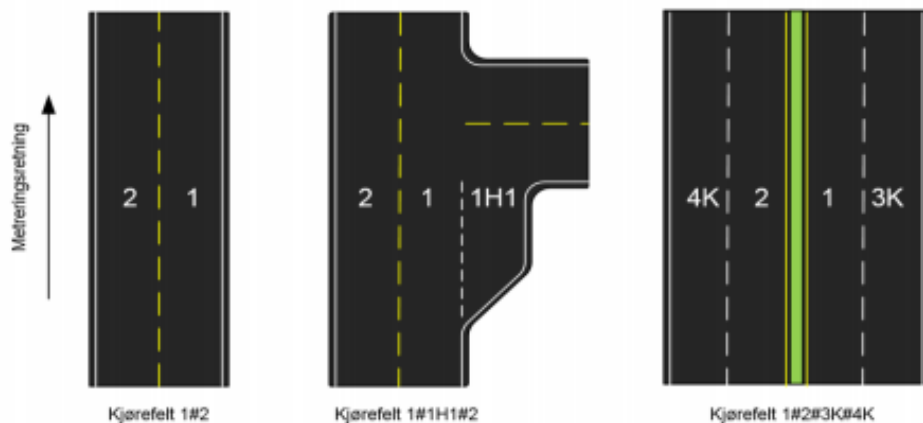
² Det kan argumenteres for at det er mer sannsynlig at tidsverdien er høyere for kjøring i by enn at den er lavere, ettersom kjøring i by kan kreve mye oppmerksomhet. Den viktigste forskjellen på kjøring i by og utenfor by er nok likevel selve tidsbruken, som uansett vil fanges opp i samfunnsøkonomiske analyser.

³ Se f.eks. NOU (2012, s. 44), Mouter (2016), Börjesson og Eliasson (2019) og Halse (2019, s. 15).

langsgående vegoppmerking (kategori 99), og kombinasjonen av disse utgjør de 5 veiklassene definert i forrige avsnitt.

Fartsgrensen for en lenke beskriver høyeste tillatte hastighet på en vegstrekningen. Dette er en egenskap som finnes i transportmodellsystemet i dag, og det lages nye lenker der hvor det er endring i fart.

Kategori 616 angir hvilke typer kjørefelt som finnes på en valgt lenke. Dette er også en egenskap som allerede finnes i transportnettverket (Lanes). I sin aller enkleste form, inneholder denne egenskap kun et eller flere tall, hvor hvert tall representerer et vanlig kjørefelt. Svingefelt og andre felt med spesielle funksjoner, kodes med en bokstav i tillegg til tallet i feltkoden⁴. Noen eksempler på feltkoding er vist i Figur 2.1.



Figur 2.1: Eksempler på feltkoding. 1#2 viser at vegen har ett kjørefelt i hver retning, mens 1#1H1#2 viser at vegen i tillegg har et svingefelt til høyre. 1#2#3K#4K viser at vegen har vanlige kjørefelt i begge retninger i midten, og et kollektivfelt i begge retninger utenfor disse. Feltkodene gis i forhold til vegens metreringsretning. Kilde: Kartverket 2016.

I dette prosjektet har vi valgt å telle opp antall felt på en annen måte enn det som gjøres i dag. For eksempel vil enveiskjørt veier med ett felt regnes som tofeltsveier (og enveiskjørt veier med to felt som firefeltsveier), basert på at en antakelse om at komfortnivået blir det samme. Forbikjøringsfelt og kollektivfelt telles med på lik linje som andre felt, basert på en antakelse om at disse øker komforten. Svingefelt er derimot ikke telt med.⁵ I tabellen under er det noen utvalgte eksempler på hvordan vi har telt opp antall felt.

⁴ K = kollektivfelt, S = sykkel felt, B = Bomveg, O = Oppstillingsplass, F = forbikjøringsfelt, R = reversibelt kjørefelt, OK = Oppstillingsfelt kollektiv.

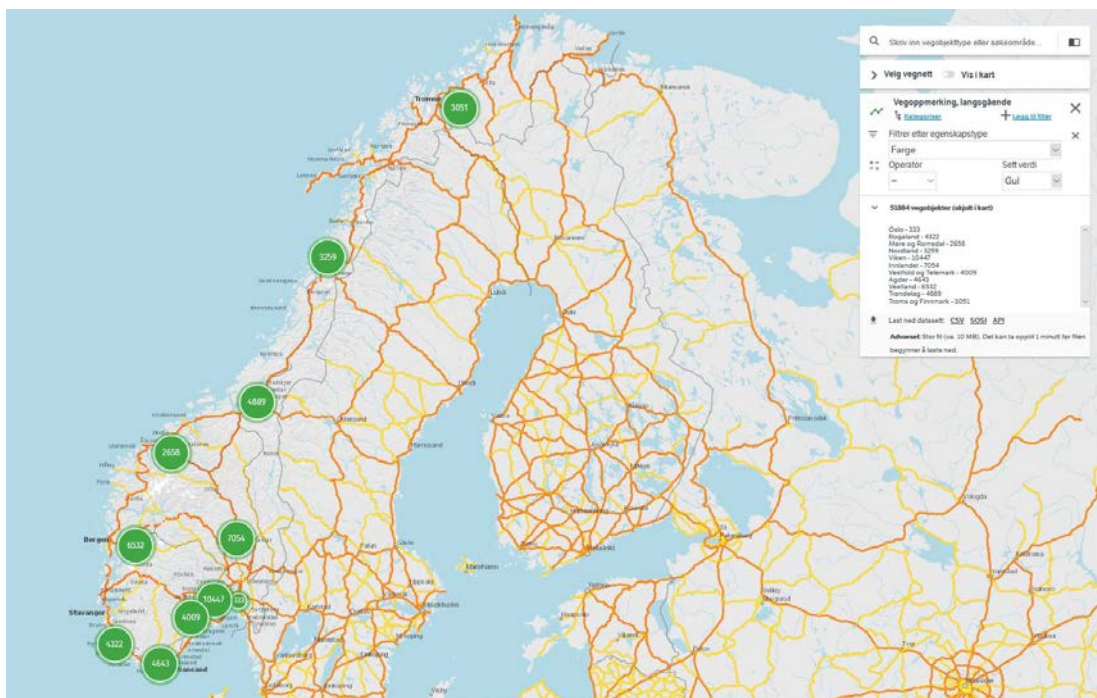
⁵ En kan vurdere å endre dette ved senere implementering

Tabell 2.2: Utvalgte feltkoder fra NVDB og hvordan disse er kodet i prosjektet.

Feltkode	Kodet som	Kommentar
1	2 felt	Enveiskjørt vei med ett felt regnes som tofeltsvei
2	2 felt	Enveiskjørt vei med ett felt regnes som tofeltsvei
1#2	2 felt	
1#2#3#4	4 felt	
1#2#3	3 felt	
1#3	4 felt	Enveiskjørt vei med to felt regnes som firefeltsvei
1#2#3K#4K	4 felt	Kollektivfelt øker komfort. I mange tilfeller kan feltet også benyttes av elbiler. Vi har derfor inkludert dette som et eget felt i vår optelling
1H1#1#2	2 felt	Svingefelt finnes typisk på kortere lenker. Vi har derfor valgt å se bort fra denne kodingen
1F#2#3	3 felt	Forbikjøringsfelt øker komfort og anses som et eget felt

Forklaring: Feltkoder 1 og 3 er felt med kjøretretning i metreringsretningen og feltkoder 2 og 4 er felt med kjøretretning mot metreringsretningen i NVDB. K står for kollektivfelt, H for svingefelt og F for forbikjøringsfelt.

I tillegg har vi benyttet oss av kategori 99 (vegoppmerking, langsgående). Dette er en kategori med mange underkategorier (egenskaper). Vi har her valgt å se på farge=gul, ettersom gul farge er felles for all midtoppmerking (vanlig midtstripe, varsellinje, sperrelinje osv.) i Norge.



Figur 2.2: Utklipp fra vegkart som inneholder data fra NVDB hvor vegkategori 99 (vegoppmerking, langsgående) er uthevet.

Kilde: [https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@600000,7225000,4/bva:~\(id~99\)](https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@600000,7225000,4/bva:~(id~99)). Besøkt juni 2020.

Per i dag (juni 2020) finnes ikke denne egenskapen i uttaket fra NVDB til transportmodellene. Vi har derfor lastet ned denne egenskapen ved hjelp av NVDB API 6 og koblet

⁶ <https://api.vegdata.no/>

dette sammen med lenkeinformasjon fra transportmodellene i GIS basert på samme beliggenhet.

Kombinasjonen av disse tre egenskapene gir oss de fem veitypene som forklart i Tabell 2.3.

Tabell 2.3: Veitype og kombinasjon av egenskaper.

Veitype	Fartsgrense	Antall felt ⁷	Midtstripe
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)	50 km/t eller lavere	*	**
Firefeltsvei (over 50 km/t)	60 km/t eller høyere	≥ 4	**
Trefeltsvei (over 50 km/t)	60 km/t eller høyere	3	**
Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)	60 km/t eller høyere	2	Ja
Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)	60 km/t eller høyere	2	Nei

* egenskapen er uavhengig av antall felt, ** egenskapen er uavhengig av midtstripe.

2.4 Andeler av dagens transportarbeid

Vi har tatt utgangspunkt i framskrivingene TØI gjennomførte i 2019 som er dokumentert i TØI rapport 1718/2019, og vi har beregnet transportarbeid for bilfører og bilpassasjer i CUBE for alle reiser. Transportarbeidet for de lange reisene er beregnet ved nettutlegging i NTM6-nettverket og for de korte reisene i RTM-nettverkene.

Som forklart i forrige avsnitt finnes allerede fartsgrense og feltforklaring i disse nettverkene. I tillegg har vi kodet inn midtstripe som lenkeinformasjon basert på samme beliggenhet i GIS. Dette gjør at vi har klart å identifisere de fem veitypene. I tabellene under presenterer vi beregnet transportarbeid for bilfører og bilpassasjerer fordelt på disse kategoriene.

I tillegg presenterer vi en kategori «spesialfelt». Dette er felt som var kodet på en slik måte i NVDB at de ikke ble fanget opp av de øvrige kategoriene, for eksempel fordi feltene ikke var kodet i vanlig rekkefølge. Trolig kan noe av dette klassifiseres som trefeltsvei med forbikjøringsfelt eller kollektivfelt, i så fall ville andelen trefeltsvei blitt litt høyere. Dette ville imidlertid slått ganske lite ut de relative tidsverdifaktorene i kapittel 6.3. (I beregningen av disse blir både trafikk på spesialfelt og trafikk som ikke er nettutlagt holdt utenfor.)

Tabell 2.4: Andeler transportarbeid på ulike veityper, bilfører.

	Kjøretøy-km	Andel	Andel kategorier
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)	24 286 982	24,8%	26,5%
Firefeltsvei (over 50 km/t)	14 050 904	14,4%	15,3%
Trefeltsvei (over 50 km/t)	1 191 490	1,2%	1,3%
Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)	38 771 882	39,6%	42,3%
Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)	13 277 551	13,6%	14,5%
Spesialfelt	5 908 737	6,0%	
Ikke nettutlagt	332 350	0,3%	
Sum	97 819 896	100,0%	100,0%

⁷ Antall felt som forklart i Tabell 2.2

Tabell 2.5: Andeler transportarbeid på ulike veityper, bilpassasjer.

	Passasjer-km	Andel	Andel kategorier
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)	4 483 610	16,4%	17,2%
Firefeltsvei (over 50 km/t)	3 987 839	14,6%	15,3%
Trefeltsvei (over 50 km/t)	375 908	1,4%	1,4%
Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)	13 370 722	48,8%	51,3%
Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)	3 836 785	14,0%	14,7%
Spesialfelt	1 319 890	4,8%	
Ikke nettutlagt	0	0,0%	
Sum	27 374 754	100,0%	100,0%

Tabell 2.6: Andeler transportarbeid på ulike veityper, bilfører og bilpassasjerer samlet.

	Passasjer-km	Andel	Andel kategorier
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)	28 770 592	23,0%	24,5%
Firefeltsvei (over 50 km/t)	18 038 743	14,4%	15,3%
Trefeltsvei (over 50 km/t)	1 567 398	1,3%	1,3%
Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)	52 142 604	41,6%	44,3%
Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)	17 114 336	13,7%	14,5%
Spesialfelt	7 228 627	5,8%	
Ikke nettutlagt	332 350	0,3%	
Sum	125 194 650	100,0%	100,0%

Vi ser at andelen transportarbeid i tettbygd strøk (50 km/t eller lavere) er lavere for bilpassasjerer. Dette er som forventet, ettersom bilbelegget er høyest på lange fritidsreiser. Forskjellene er imidlertid ikke så dramatiske at det er hensiktsmessig å skille mellom bilfører og bilpassasjer i de videre anbefalingene. Vi bruker derfor andelen for samlet transportarbeid (Tabell 2.6) til å beregne felles tidsverdifaktorer for både bilfører og bilpassasjer i delkapittel 7.1.

3 Komfort og trafikksikkerhet

I dette kapitlet gjør vi rede for hvordan kjørekomfort bør skilles fra andre faktorer som også inngår i samfunnsøkonomiske analyser av veiprojekter, med spesielt fokus på trafikksikkerhet.

3.1 Sammenheng mellom komfort og trafikksikkerhet

Flere tiltak som er rettet mot ulykkesrisiko vil også ha en effekt på opplevd utrygghet og dermed på kjørekomfort. Dette har også praktiske implikasjoner for evaluering av tiltak siden ulykkesrisiko er – som regel – en egen post i nytte-kostnadsberegninger. Det er derfor en fare for dobbelttelling hvis man tar med effekter i kjørekomfort som allerede er tatt med under ulykkesrisiko.

Når vi tallfester komforteffekten i dette prosjektet er vi altså interessert i å få med effekten av opplevd utrygghet, men ikke effekten av objektiv ulykkesrisiko. Dette er en kjent problemstilling når det gjelder sykling.

Figur 3.1 viser et venndiagram mellom framkommelighet (hvor raskt man kommer fram), kjørekomfort (hvor behagelig reisetid oppleves) og trafikksikkerhet (hvor høy ulykkesrisiko det er), samt noen sentrale variabler som ligger i grensesnittet mellom disse tre elementene.



Figur 3.1: Forenklet venndiagram mellom framkommelighet, kjørekomfort og trafikksikkerhet

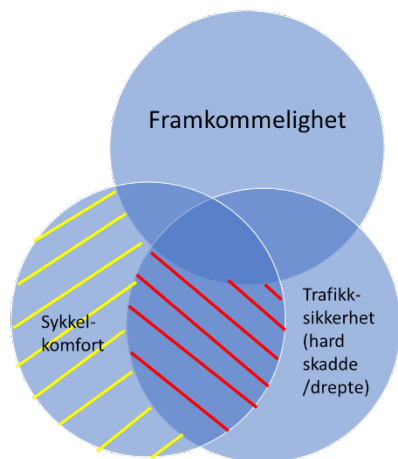
Fartsgrense er noe som påvirker framkommeligheten og trafikksikkerheten, men som trolig ikke har en direkte påvirkning av selve kjørekomforten.

Midtdeler/gulstripe og andre sikkerhetstiltak øker trafikksikkerheten og reduserer den opplevde utryggheten til bilføreren og har dermed også en effekt på kjørekomfort (mens framkommeligheten er – alt annet likt – uendret).

Kø har en tydelig effekt på framkommelighet og kjørekomfort, men effekten på trafikk-sikkerhet er noe uklar (Retallack og Ostendorf 2019). Effekten på komfort som direkte skyldes kø, er delvis fanget opp i RTM (Flügel 2019). Videre har den nye Verdsetningsstudien anbefalt såkalte køfaktorer for bruk i nytteberegning (Flügel mfl. 2020). Det jobbes for tiden med å implementere disse faktorene i trafikkantnyttemodulen. For å unngå dobbelttelling skal komfortfaktorer som tallfestes i dette notatet ikke inneholde mulige køeffekter.

Veistandard, som forenklet kan måles i antall kjørefelt, er noe som har påvirkning på alle tre elementene i figur 3.1. For tallfesting av komfortfaktorer for ulike veistandarder, er vi interessert i eventuelle effekter forbedret veistandard har på økt produktivitet, kjøreglede og reduksjon i bilistenes opplevde utrygghet, men ikke i den effekten som har sitt opphav i bedre framkommelighet / mindre kø og økt trafikk-sikkerhet.

Det finnes ingen empiri – som vi er kjent med – som tallfester graden av overlapp i vennediagrammet vårt. Fra en stated preference-undersøkelse i den forrige Verdsetningsstudien har vi en indikasjon på at komforteffekten mellom god (separate sykkelveier) og dårlig sykkelinfrastruktur (sykling i veibanen) er omtrent halvert etter at vi kontrollerer for ulykkesrisiko⁸ og framkommelighet, sammenliknet med en situasjon der vi bare kontrollerer for framkommelighet (Flügel mfl. 2015). Figur 3.2 illustrerer dette ved hjelp av et vennediagram. Resultater i denne studien typer altså på at det gul-skraverte arealet er like stort som det rød-skraverte arealet for sykling.



Figur 3.2: Illustrasjon av størrelsesorden mellom komfort med (gul og rød skravering) og uten (gul skravering) trafikk-sikkerhet.

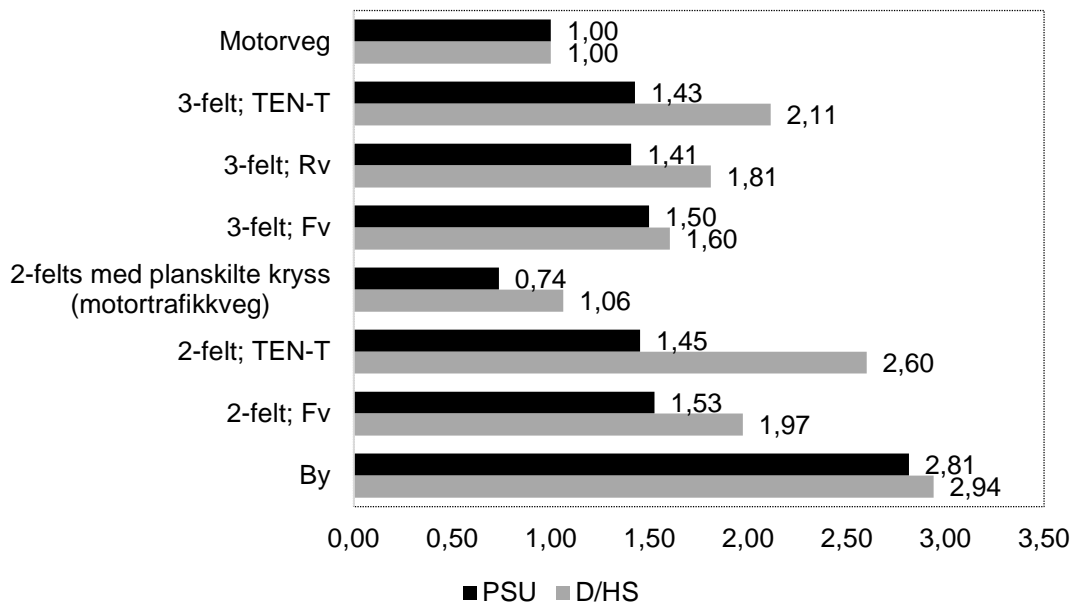
Det er ikke sikkert at vi kan bruke dette resultatet til noe konkret i vårt tilfelle med bilveier, men vi tar med oss at det muligens er en stor overlapp mellom komfort og trafikk-sikkerhet.

3.2 Ulykkesrisiko på ulike veikategorier ifølge ulykkesmodellen

TØI har etablert en ulykkesmodell for riks- og fylkesvegnettet i Norge (Høye 2014, Høye 2016). I modellen kan man estimere endringer i ulykkesrisiko ved justering av ulike variabler.

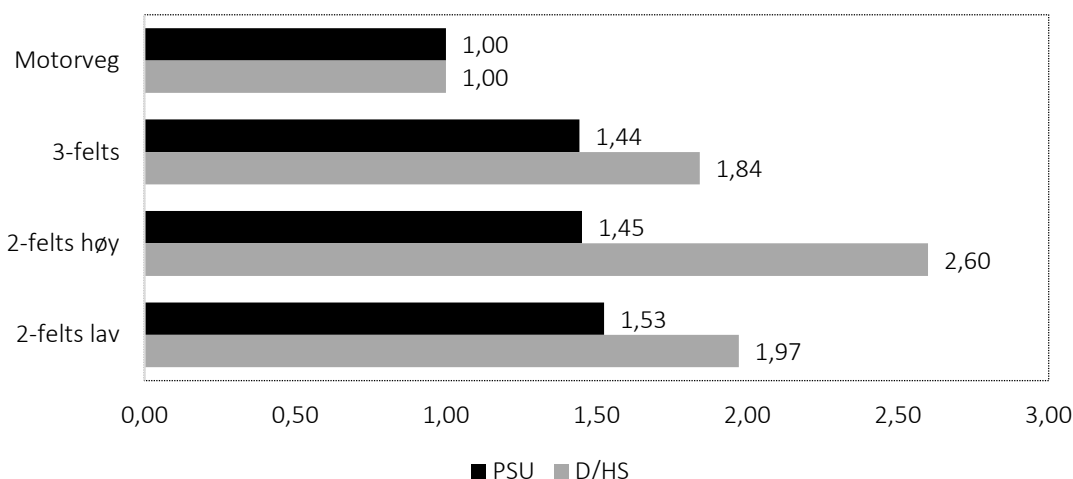
⁸ I denne studien inkluderte ulykkesrisiko kun hardt skadde og drepte.

Modellen gir relative ulykkestall for ulike veityper, hvor motorvei er normalisert til 1⁹. Tallene er illustrert i figur 3.3.



Figur 3.3: Relative ulykkestall ifølge ulykkesmodellen (Høye 2016), (motorveg satt lik 1; PSU = personskadenyhkker; D/HS = antall drepte eller hardt skadde).

Det er ikke åpenbart hvordan vi kan oversette dette til veikategoriene vi anbefalte i avsnitt 2.1. Hvis vi tar gjennomsnittet til alle 3-feltsveier i figur 3.3., tolker «2-felts TEN-T» som 2-feltsvei med høy standard og «2-felt Fv» som 2-feltsvei med lav standard, får vi ulykkestall og kategorier illustrert i figur 3.4.



Figur 3.4: Relative ulykkestall ifølge ulykkesmodellen (Høye 2016) oversatt til kategorier i avsnitt 2.1, (motorveg satt lik 1; PSU = personskadenyhkker; D/HS = antall drepte eller hardt skadde)

⁹ Denne testen er gjennomført av Alena Høye ved TØI og forutsetninger er kort dokumentert i et Excel-ark som kan videresendes ved ønske.

Forskjellene mellom 3-felts og ulike 2-feltsveier er små for personskadeulykker (PSU), og noe sprikende for drepte og hardt skadde (D/HS). Hvis vi ser bort fra den svært høye verdien for D/HS for «2-felts høy», er forskjellen mellom 2-felts og 3-feltsveier som mindre enn forskjeller mellom 3-felts og 4-feltsmotorveier.

4 Eksisterende litteratur

I dette kapitlet går vi gjennom eksisterende litteratur om verdsetting av kjørekomfort og enkelte andre komfortfaktorer. I og med at litteraturen om kjørekomfort knyttet til veitype er nokså begrenset, er det også relevant å se til litteraturen om andre typer komfortfaktorer når en skal vurdere hva som er et rimelig nivå for de tidsverdifaktorene vi skal fram til.

Delkapittel 4.1 gjengir hovedfunn fra den studien som ligger nærmest formålet med prosjektet vårt, og omhandler verdsetting av antall felt og kurvatur. Delkapittel 4.2 gjengir funn fra andre relevante studier, både om reiser med bil og andre transport-midler.

Delkapittel 4.3 gjengir litteraturen om verdsetting av reisetid i kø.

4.1 Verdsetting av antall felt og kurvatur (Hensher og Sullivan 2003)

Hensher og Sullivan (2003) omtaler en undersøkelse basert på stated-preference (SP) som ble gjennomført i New Zealand i 2001. Figur 4.1 viser et valgkort fra denne studien.

Please assume that road features not shown are identical for all 4 roads (except where roads are of different distances, which is shown by the differences in running costs).

	Details of Last Trip	2 Lanes	4 Lanes	4 Lanes with wide grass media
Time in free flow (mins)	50	40	60	55
Time slowed down by other traffic (mins)	10	12	8	11
Percentage of total time spent with other vehicles close behind	10%	8%	5%	15%
Curviness	Almost Straight	Moderate	Winding	Slight
Running costs	\$ 8.40	\$ 7.60	\$ 9.20	\$ 8.00
Toll cost	\$ 0.00	\$ 3.00	\$ 0.50	\$ 0.00

If you take the same trip again, which road would you choose?

Current Road
 2 Lanes
 4 Lanes no median
 4 Lanes with median

If you could only choose between the 3 new roads, which would you choose?

2 Lanes
 4 Lanes no median
 4 Lanes with median

Go to the Last Section. Well Done!

Figur 4.1: Eksempel på valgkort i Hensher og Sullivan (2003).

Bilførere av lette og tunge kjøretøy, som utgjør henholdsvis 75 % og 25 % av utvalget, svarte på en rekke av disse valgkortene i forbindelse med en langdistanse/inter-city kjøretur.

Basert på respondentens svar på valgeksperimentene beregnes det betalingsvillighet (WTP) for bedre veistandard. Disse er gjengitt i tabell 4.1 i cent per kilometer. Nivået til svingete

2-feltsveier er normalisert til null. Som leseeksempel beregnes det 8,5 cent/km for å komme fra svingete 2 feltsveier til svingete 4 feltsveier .

Tabell 4.1: Hovedresultater i Hensher og Sullivan (2003). Betalingsvillighet i New Zealand cent (2001) per kilometer. Basisnivå: svingete 2-feltsveier.

Kurvatur	Veitype		
	2 felt	4 felt uten bred midtdeler	4 felt med bred gressmidtdeler
Moderat/lett/nesten rett	3,0	7,6	14,3
Svingete	0,0	1,7	8,5

Verdiene i tabell 4.1 kan omregnes til tidsverdier for ulike veikategorier, gitt at tidsverdiene til veikategoriene er kjent og gitt en antatt hastighet (for å oversette WTP per kilometer i WTP per time). Hensher og Sullivan estimerer kun gjennomsnittlige tidsverdier (5,08 \$/time for lette og 15,6 \$/time tunge kjøretøy). Siden vi ikke vet fordelingen over veityper (verken i SP-designet eller i New Zealand) er det ikke mulig for oss å beregne tidsverdiene for ulike veityper uten å gjøre en antakelse om tidsverdien for en gitt veitype.

Vi kan beregne et konservativt anslag for tidsverdifaktorer ved å sette angitt tidsverdi (et vektet gjennomsnitt av lette og tunge biler på 7,68 \$/time) for ikke-svingete 4-feltsveier med gressmidtdeler. Anslaget er konservativt i den forstand at vi tidsverdien på ikke-svingete 4-feltsveier med gressmidtdeler er minst 7,68 \$/time (men muligens lavere) basert på beregningene til Hensher og Sullivan.

Med en antatt hastighet på 90 km/time kan vi så oversette resultatene fra tabell 4.1 i tidsverdifaktorer, der beste nivå (rett 4-feltsvei med gressmidtdeler) er normalisert til 1. De resulterende tidsverdifaktorene gitt disse antakelsene er gjengitt i tabell 4.2.

Tabell 4.2: Avledet (konservativt) anslag for tidsverdifaktorer fra Hensher og Sullivan (2003), gitt en antatt hastighet av 90 km/time: Basisnivå: Rett firefeltsvei med bred gressmidtdeler.

Tidsverdifaktor	2 felt uten midtdeler	4 felt uten bred midtdeler	4 felt med bred gressmidtdeler
Ikke/lite/moderat svingete	2,32	1,79	1,00
Svingete	2,68	2,48	1,68

Resultatene er følsomme for hva vi antar som tidsverdi for ikke-svingete 4-feltsveier med midtdeler. Hadde vi for eksempel halvert tidsverdien for denne kategorien, så hadde faktorene blitt beregnet til å være mellom 2,36 og 4,35 (istedenfor 1,68 og 2,68 som i tabell 4.2).

For tolkningen av størrelsesorden er det viktig å huske at disse verdiene ikke er kontrollert for ulykkesrisiko. Hensher og Sullivans tolkning av betalingsvillighet i artikkelen er mest rettet mot trafikkikkerhet, og ikke på kjøreglede.

Faktorene er derimot kontrollert for skiltingeffekten (denne er kun relevant for RP-data) og køkomfort (i og med at reisetiden i valgkortene er oppsplittet i fri flyt og «nedbremset» (slowed down)).

4.2 Andre kvantifiserte komforteffekter

I dette delkapittelet gjennomgår vi tidligere litteratur som omhandler andre kvantifiserte kjørekorteffekter. Litteraturen tyder på at ulike faktorer, som kvaliteten eller standarden

på veioverflaten, er viktig for bilistene, og kan være med på å forklare forskjeller i tidsverdi mellom veityper.

4.2.1 Kvalitet på veioverflaten

Ihs mfl. (2004) undersøker sammenhengen mellom veioverflatens tilstand¹⁰ og opplevd kjørekomfort for bilister, samt deres betalingsvillighet for forbedret kjørekomfort. De skriver at sammenhengen mellom veiujevnhet/vibrasjoner og opplevd kjørekomfort har vært studert flere ganger, men at det har vært svært få som hadde formålet å sette en pris på komfort, eller mangelen på komfort.

Det ble gjennomført intervjuer hvor intervjuobjektene ble spurt om hvilke faktorer som er signifikante for kjørekomfort og hvordan de opplevde kjørekomfort på ulike strekninger med ulik standard. Videre ble deres betalingsvilje for forbedret komfort knyttet til vegens standard undersøkt ved hjelp av stated preference-undersøkelser (SP).

Resultatene viser at veioverflatens tilstand er den viktigste faktoren for kjørekomfort, etterfulgt av bilen de kjører i og oppførselen til andre bilister. Vegbredde blir plassert som syvende viktigst.

I verdsettsingsdelen finner forfatterne en relativt høy betalingsvillighet for å ha en bedre veioverflate, men de to metodene ga svært ulike resultat. De konkluderer med at det ikke var mulig å lage en komfortkostnadsmodell på bakgrunn av deres studie med 50 deltagere.

Olsson (2002) benyttet seg av SP-undersøkelser for å identifisere bilisters verdsetting av kjørekomfort som påvirkes av vedlikehold. I hovedundersøkelsen finner Olsson at forvaltningen av veivedlikehold var en essensiell komfortfaktor for bilistene. Standarden for veivedlikeholdsforvaltningen viste seg å være viktigere for kjørekomforten enn adferden til andre bilister, frykt for ulykker, biltype, veidesign, værforhold og omgivelser.

I en spørreundersøkelse om betalingsvillighet for å unngå alvorlige skader på veioverflaten, finner Olsson at betalingsvilligheten var fra 0,5 til 1,6 SEK per kilometer. I en annen spørreundersøkelse som fokuserte på komforten fra å kjøre på ulik veistandard, finner Olsson liknende betalingsvillighet som for de alvorlige skadene fra 0,4 til 1,2 SEK per kilometer.

Hartmann og Ling (2016) analyserer den oppfattede verdien av veivedlikehold i Singapore. De benytter seg av en spørreundersøkelse som inneholder tre indikatorer for veiforhold; hvor jevn veien er, om det er vannpytter i veien og hvor ryddig veien er. Det viktigste og mest signifikante svaret for respondentene er hvor jevn veien er.

Jamson mfl. (2011) undersøker bilisters oppfatninger av ulike veivedlikeholdsproblemer ved hjelp av SP-metodikk. Målet er å kunne lage relative tidsverdsettinger for hvert av disse problemene for å kunne gi innsikt i hvor viktig de er for bilister, samt hvordan de verdsetter dem ut fra reisetid.

De finner, naturlig nok, at bilistene foretrekker bedre veiforhold. Veioverflate og vegetasjon rangeres som viktigst å vedlikeholde, mens avfall rangeres lavest. Videre finner forfatterne at det er noen ikke-lineære effekter av frekvensen til vedlikeholdsproblemet. For noen av veiproblemene hadde frekvensen lite å si for bilistens verdsetting av problemet. Det var altså lik effekt av problemene om man støtte på dem en gang eller fire ganger (avfall, skilting og veimerking).

¹⁰ Veioverflatens tilstand er uttrykt iht. den internasjonale ujevnhetsindeksen (IRI)

Veioverflateproblemer er en av faktorene som verdsettes avhengig av både frekvensen og omfanget. Bilistene var i gjennomsnitt villig til å øke reisetiden deres med 18 minutter i en to-timers tur for en velholdt veioverflate.

Wardman mfl. (2008) estimerer blant annet bilisters verdsetting av ulike aspekter av veiinfrastrukturen. De finner at veioverflaten har en verdi, og at dette hovedsakelig stammer fra støy, og ikke fullt så mye som kjørekomfort. Tidsverdien varierer, og for effekten av ulike vegstandarder på tidsverdi ligger mellom 6 % lavere ved høyeste vegstandard og 9 % høyere ved dårligere standard.

BCHF (2002) gjennomførte en verdsettingsstudie som blant annet inkluderer kvaliteten til bilreiser og sikkerhet. De finner at kvaliteten til en bilreise kan ha betydelig variasjon målt i tidsverdi etter hvilke forhold man gjennomfører reisen i, og at disse kvalitets- eller komfortfaktorene vil ha en sterk effekt på tidsverdien. Videre finner forfatterne at det er forskjeller mellom landlige og bynære reiser, og at det er noe forskjell mellom «normale» reisende og yrkessjåfører.

Studien gjennomføres ved hjelp av SP med valg mellom to alternativer for en spesifikk strekning på en reise. For kjørekomfort var det for eksempel valg mellom mye vibrasjon det er i bilen fra veien (ingen og kontinuerlig risting), spordannelser (ingen spordannelser eller spordannelser) og reisetid. For landlige veier verdsettes tiden med ujevn veioverflate og spordannelser med multiplikatorer på henholdsvis 1,65 og 2,15. På veier i byområder var multiplikatoren for ujevn veioverflate litt lavere; 1,59. For kommersielle sjåfører estimeres ujevn veioverflate og svingete vei til å ha multiplikatorer på 1,50 og 1,75.

Videre ble det estimert bilisters verdsetting av ulike sikkerhetsfaktorer. De fant 1,14 for trær og/eller strømstolper, 1,20 for fjellsider, 1,59 for svinger hvert minutt, 1,92 for kontinuerlige svinger, 1,28 for en standard veifil uten veiskulder og 1,48 for en smal fil uten veiskulder.

Walton mfl. (2004) undersøker hva bilisters betalingsvillighet for oppgradering av veioverflate gjennom 1) mer effektivt drivstoff-forbruk, 2) redusert innvendig støy i bilen og 3) redusert stopplengde ved våte forhold. Bilistene er villig til å betale mest for oppgradert veioverflate som gir forbedret drivstoff-effektivitet og deretter redusert innvendig støy i bilen, men forfatterne finner ingen signifikant betalingsvillighet for en 15 % reduksjon i stopplengde ved våte forhold. De finner også at de som har en høyere betalingsvillighet enn gjennomsnittet kjører mindre enn de som har en lavere betalingsvillighet.

Byström mfl. (2012) undersøker hvordan bilisters verdsetting av kjøreturens kvalitet varierer avhengig av ulike vedlikeholdsstandarder. De benytter seg av SP-metodikk, hvor de ulike variablene turens komfort, reisetid og reiselengde ble variert, og finner respondentenes betalingsvillighet for å unngå hver type veiskade.

Analysen viser at betalingsvilligheten for å unngå å kjøre på veier med noen sprekker og lappe-reparasjoner er 2,3 SEK per 10 km, betalingsvilligheten for å unngå noen sprekker og sporadiske hjulspor er 1,9 SEK per 10 km og betalingsvillighet for å unngå veier med hjulspor er 1,5 SEK per 10 km.

NZ Transport Agency (2018) har en veileder for samfunnsøkonomisk evaluering (EEM) som blant annet inneholder en «bilbrukskostnad», som består av syv ulike kostnader for bilbruk. Det første elementet er faste brukskostnader som påløper uavhengig av kjøreforhold, som drivstoff, bildekk, reparasjoner, olje, etc.

Det andre elementet er kostnader knyttet til veioverflaten, som består av to komponenter; kjøretøyskostnad og bilistenes betalingsvillighet for å unngå å kjøre på ujevn vei¹¹. Dette kostnadselementet (og de andre påfølgende kostnadselementene¹²) legges eventuelt til de faste bilbrukskostnadene hvis det er relevant.

IRI (International Roughness Index) er en indeks som forteller hvor ujevn veien er. Jo høyere IRI, desto mer ujevn er veien. I tabell 4.3 illustreres et utvalg av kostnadene knyttet til forskjellig IRI:

Tabell 4.3: Bilisters kostnader knyttet til veioverflaten (NZ cent/km etter veitype).

IRI	Urban vei	Rural vei
0-2,5	0,0	0,0
7,5	14,0	22,6
11,0	26,5	30,0
15,0	33,5	38,4

Kilde: Table A5.14 i NZ Transport Agency (2018)

I EEM argumenteres det for at betalingsvilligheten tyder på at bilistene på landlige veier har en høyere betalingsvillighet for en gitt ujevnhet enn det urbane bilister har ettersom de har en høyere gjennomsnittlig hastighet.

Tallene fra EEM brukes i det videre for faktorer for veioverflatekostnader ettersom det er de nyeste tallene (2018), illustrert som faktorer i tabell 4.4 under:

Tabell 4.4: Relative tidsverdier for veier med ulike overflate, anslått basert på NZ Transport Agency (2018).

IRI	Urban vei	Rural vei
0-2,5	1	1
7,5	1,44	1,71
11	1,83	1,94
15	2,05	2,20

* Faktor beregnet med tidsverdi 100kr/t, hastighet 50km/t, kronekurs 0,16 NZD

Det finnes ellers en betydelig litteratur om sammenhengen mellom kvalitet på veioverflaten og kjørekostnader i form av drivstofforbruk. Sentralt i denne litteraturen står modellen **HDM-4**, som opprinnelig er en modell utviklet av Verdensbanken for å evaluere veiinvesteringer i utviklingsland. Modellen har også blitt testet og anvendt i Storbritannia (Odoki mfl. 2013, Perrotta mfl. 2019) og USA (Zaabar og Chatti 2010, Jiao og Bienvenu 2015).

4.2.2 Sykkelinfrastruktur

I et tidligere TØI-prosjekt har man brukt GPS-data til å studere rutevalget til sykkelistene i Oslo og har avledet såkalte infrastrukturvekter (Hulleberg mfl. 2016). Disse vektene kan tolkes som relative tidsverdier. Videre har man i Verdsettingsstudien estimert tidsverdier for ulike sykkelinfrastruktur (Flügel mfl. 2020), hvor man brukte en liknende inndeling slik at de relative tidsverdiene er sammenliknbare. En konferanseartikkel presenterer også

¹¹ Reflekterer bilistenes preferanser for å kjøre på jevne veier.

¹² For alle syv kostnadskomponentene vises leser til appendiks A5 i EEM.

resultater der RP-data fra GPS-studien og SP-data fra Verdsettingsstudien ble kombinert i en felles modell (Flügel mfl. 2019).

Tabell 4.5 viser hovedresultatene fra disse tre studiene («RP», «SP», og «RP-SP»), beregnet som relative tidsverdier mot en gjennomsnittlig tidsverdi. Gjennomsnittlig tidsverdi er beregnet ut fra observert fordeling fra RP-data (separat sykkelvei 13,2 %, sykkelfelt 9,0 % gang og sykkelvei 0,7 % og sykling i veibanen 77,1 %).

Tabell 4.5: Relative tidsverdier i tre norske studier av sykling.

	RP	SP	RP-SP
Separat sykkelvei	0,54	0,70	0,66
Sykkelfelt	0,92	0,90	0,80
Gang- og sykkelvei	1,17	0,82	0,78
Sykling i veibanen/ikke tilrettelagt	1,09	1,06	1,08

Alle verdiene inneholder potensielt effekter knyttet til objektiv ulykkesrisiko. I Verdsettingsstudien har man derfor anbefalt å halvere forskjellen mellom sykkelfelt og sykling i veibanen mot separat sykkelvei i nyttekostnadsanalyser der ulykkesrisiko inngår under eksterne kostnader.

For tolkningen kan vi videre bemerke at RP-resultatene trolig inneholder en skiltingeffekt eller «bekjentskapseffekt». Med dette mener vi en effekt at syklistene har en lav sannsynlighet for å velge en vei de er ikke/lite kjent med (som snarveier). Denne effekten bør skilles fra den rene komforteffekten. Dette er dessuten vanskelig å få til med RP-modeller (se også avsnitt 5). I motsetning til RP, er ikke denne problematikken relevant for SP-modeller basert på valgeksperimenter.

4.2.3 Skinnfaktor/mode-effekt på tidsverdi

Skinnefaktor er et begrep som brukes for å beskrive at skinnebaserte kollektivtransportmidler som tog, t-bane og trikk er foretrukket over andre kollektivtransportmidler som buss og fly i (hypotetiske) valgsituasjoner der alle objektive kjennetegn ved reisen («Level-of-Service», LoS) er like.

Noen studier tallfester skinnfaktoren som relative tidsverdier. Tolkningen er da at transportmidler med lavere tidsverdi tilbyr en mer komfortabel reisetid, og er derfor fortrukket gitt lik LoS.

Studier om skinnfaktor ser typisk bort fra bil, men noen studier har generalisert konseptet ved å se på relative tidsverdier på tvers av alle transportmidler. I så fall blir forskjeller i tidsverdier som skyldes transportmidler (og ikke brukergruppe) referert som mode-effekt. Flügel (2014) har beregnet mode-effektene for reiser over 100 km i Norge basert på data fra verdsettingsstudien i 2009. Tabell 4.6 gjengir noen resultater fra denne studien, omregnet til relative tidsverdier. I tabellen er tidsverdi i bil normalisert til 1.

Tabell 4.6: Relative tidsverdier for reiser over 100 km gitt brukergruppe basert på Flügel (2014).

Relativ tidsverdi (bil=1)	Transportmiddel		
	Buss	Tog	Fly
Brukergruppe			
Bilister	0,863	0,858	1,744
Buss-brukere	0,831		
Tog-brukere		0,889	
Fly-brukere			1,387

Fra tabellen ser man en tydelig skinnfaktor mellom tog og fly, noe som virker plausibelt med tanke på opplevd reisekomfort i tog sammenliknet med fly. Flügel (2014) finner ingen signifikant skinnfaktor mellom buss og tog.

Når vi tolker forskjellen i tidsverdien for buss og tog sammenliknet med bil, så gjelder disse tallene kun for lange reiser over 100 km. I Verdsettingsstudien 2009 fant man ingen tydelig mode-effekt mellom kollektiv og bil for korte reiser.

4.2.4 Autonome biler

Det forventes at tidsverdien er lavere i autonome biler sammenliknet med biler med dagens teknologi. Dette begrunnes med at økende mulighet til å utføre nyttige aktiviteter mens man sitter i bil øker komforten/produktiviteten. Tidsverdiene forventes derfor å være lavest i full automatisering.

Tabell 4.7 viser noen utvalgte aktiviteter og hvordan det tenkes at disse kan utføres i dagens og selvkjørende biler basert på forfatternes vurderinger.

Tabell 4.7: Mulige aktiviteter gitt ulike grader av automatisering av personbil.

Aktiviteter	Dagens biler	Delvis automatisering	Høy grad av automatisering	Full automatisering (privat)	Full automatisering (delt)
Høre på radio	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Se ut på landskapet	For det meste nei	For det meste ja	Ja	Ja	Ja
Lese/skrive meldinger	Nei	For det meste nei	Ja	Ja	Ja
Se filmer	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja, men mulige forstyrrelser
Sove	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja, men mulige forstyrrelser

Flügel mfl. (2019) har estimert relative tidsverdier basert på stated preference-data der ulik grad av automatisering er introdusert for respondenten i form av ulik introduksjonstekst. I introduksjonsteksten legges det vekt på aktiviteter man kan utføre og ikke på selve teknologien. Hovedresultater for bilfører er gjengitt i tabellen under:

Tabell 4.8: Estimerte relative tidsverdier for bilfører gitt automatisering (Flügel mfl. 2019).

Grad av automatisering	Relativ tidsverdi
Dagens biler	1
Delvis automatisering	0,81
Høy automatisering	0,84
Full automatisering (privat)	0,70
Full automatisering (delt)	0,79
Gjennomsnitt av automatisering	0,79

Bilførernes VTT i automatiserte biler er rundt 21 % lavere enn i konvensjonelle biler. Reduksjonen er statistisk signifikant, og også som forventet på grunn av det bredere spekteret av sekundære aktiviteter som kan utføres mens du sitter i bilen. Respondentene virker også følsomme for grader av automatisering, og det estimeres lavest VTT for full automatisering i private biler. Her er nedgangen på 30 %. Flügel mfl. (2019) finner også at man har noe høyere VTT i delte førerløse biler enn for private førerløse biler, men dette resultatet er ikke statistisk signifikant.

For tolkning av resultatene kan det nevnes at respondenten ble bedt om å anta at trafiksikkerhet er lik for dagens og fremtidens biler, slik at disse verdiene i prinsippet er kontrollert for effekter av trafiksikkerhet.

4.3 Verdsetting av tid i kø

Kø er som forklart i kapittel 3 en faktor som vi ønsker å holde atskilt fra kjørekomfort knyttet til veitype. Det er derfor interessant å se til litteraturen om verdsetting av reisetid i kø for å undersøke om det er en overlapp her, og også for å vurdere størrelsesordenen på tidsverdifaktorene i forhold til hverandre.

Artikkelen til Wardman og Ibáñez (2012) inneholder både en gjennomgang av den eksisterende litteraturen om verdsetting av tid i kø og en selvstendig empirisk analyse basert på SP-data fra Storbritannia og USA. Litteraturgjennomgangen viser at de fleste faktorene for verdsetting av reisetid i kø i forhold til reisetid i fri flyt er mellom 1,3 og 2,0, men noen er høyere enn dette. Definisjonen av kø varierer samtidig mellom studier. Noen studier inkluderer ulike grader av kø slik som i den nye norske Verdsettingsstudien (Flügel mfl. 2020).

Et interessant funn er at køfaktorene ikke ser ut til å være høyere i studier basert på SP-data enn i studier basert på RP-data. En mulig bekymring kunne vært at de reisende legger mer vekt på kø når dette inngår eksplisitt som et attributt i en SP-undersøkelse («fokuseffekt») enn når de foretar valg i virkeligheten. Det er ingen klare tegn til dette, men antallet RP-studier er begrenset.

Forfatterne gjengir også resultater fra de nederlandske tidsverdistudiene i 1988 og 1997, der en inkluderte effekten av fart på referansereisen på tidsverdien. Det kan tenkes at en slik effekt også reflekterer effekten av veitype, men dette kommer ikke fram. Resultatene her er uansett nokså sprikende. Veitype blir heller ikke nevnt som en faktor i litteraturgjennomgangen.

Resultatene av den selvstendige analysen til Wardman og Ibáñez skiller mellom reisetid i fri flyt, noe trafikk («busy»), lett kø, sterk kø, «stopp-start»-kjøring og stillestående kø. Faktorene er gjennomgående noe høyere for Storbritannia enn for USA og varierer mellom 1,02 (noe trafikk, USA) og 1,78 (stillestående kø, Storbritannia).

I den norske Verdsettingsstudien (Flügel mfl. 2020) skiller en mellom moderat kø og sterk kø, og det er anbefalt ulike faktorer for bilfører og bilpassasjer og for tjenestereiser og andre reiser. Den laveste er på 1,1 og gjelder moderat kø på tjenestereiser som bilpassasjer. Den høyeste faktoren er på 2,4 og gjelder sterk kø på fritidsreiser som bilfører. Disse faktorene er i forhold til verdien av reisetid på en typisk reise, ikke reisetid i fri flyt. Faktoren for reisetid i fri flyt varierer mellom 0,8 og 1,0.

Flügel mfl. har også undersøkt om verdsetting av tid i kø kun reflekterer ulempen ved å tilbringe tid i kø i seg selv, som kan tolkes som en komfortfaktor, eller om det også fanger opp verdsetting av usikker reisetid (pålitelighet). Dette er gjort ved hjelp av et valgekspériment der både kø og pålitelighet inngår som attributter. Forfatterne finner ingen tegn på at de anbefalte faktorene for verdsetting av kø også fanger opp gevinster knyttet til pålitelighet. Begge disse to gevinstene kan dermed inkluderes i samfunnsøkonomiske analyser uten at det blir dobbelttelling.

5 Empirisk case Tvedestrand–Arendal

I tillegg til litteraturgjennomgang har vi gjennomført en egen beregning basert på norske data. I motsetning til mange av SP-studiene som er gjennomgått i litteraturgjennomgangen, er denne beregningen basert på data for faktiske reisevalg.

E18 Tvedestrand–Arendal er et case der en moderne 4-feltsvei ble bygget «parallelt» til en gammel 2-feltsvei. Siden det eksisterer trafikkstasjoner på ny og gammel vei etter åpning av den nye veien, kan vi analysere rutevalgene til bilistene. Basert på dette kan vi avlede adferdsparametrene, deriblant tidsverdien.

Caset har tidligere blitt brukt til å avlede alternative tidsverdier (Tvester mfl. 2020 og Steinsland 2020). Begge beregnet en felles tidsverdi for ny og gammel vei, det vil si at man så bort fra eventuelle komforteffekter.

I prosjektet har vi konstruert en modell som kan beregne tidsverdier på ny og gammel vei som er konsistent med trafikktelegene. Vi benytter oss av trafikktelegene på ny og gammel vei, både før (periode 1) og etter innføring av bompenger (periode 2). Den bomfrie perioden (periode 1) var bare én måned (juli 2019). Data fra to perioder med ulik reisekostnad på den nye veien hjelper oss å løse modellen (se vedlegget for detaljer).

Kjernen i modellen består av en funksjon som beskriver andel biler som velger den nye veien (P^{NY}) som funksjon av generaliserte kostnader på ny (GK^{NY}) og gammel vei (GK^{GA}). Denne funksjonen er gitt som:

$$(1) \quad P^{NY} = \frac{e^{\mu(GK^{NY})}}{e^{\mu(GK^{NY})} + e^{\mu(GK^{GA})}}$$

Skalaparameteren, $\mu < 0$ styrer påvirkningen av forskjeller i GK på sannsynligheten til å velge ny vei.

GK for gammel vei er gitt som:

$$(2) \quad GK^{GA} = c * D^{GA} + \beta_{t,GA} * T^{GA}$$

Der

- c er kilometeravhengige kostnader (i kr/km)
- D^{GA} er kjøredistanse på gammel vei (i km)
- $\beta_{t,GA}$ er tidsverdien på gammel vei (i kr/time) per bil
- T^{GA} er tidsbruk på gammel vei (i timer)

GK for ny vei for periode 1 og 2 er gitt som

$$(3) \quad GK^{NY}_1 = \beta_o + c * D^{NY} + \beta_{t,NY} * T^{NY}$$

$$(4) \quad GK^{NY}_2 = \beta_o + c * D^{NY} + B + \beta_{t,NY} * T^{NY}$$

Der

- β_o er et konstantledd (i kr)
- D^{NY} er kjøredistanse på ny vei (i km)
- $\beta_{t,NY}$ er tidsverdien på ny vei (i kr/time)
- T^{GA} er tidsbruk ny vei (i timer)
- B er bompenger, som oppstår i periode 2 (i kr)

β_o fanger opp uobserverbare faktorer som gjør at personer foretrekker den nye veien. Det er illustrativt å tolke dette som skiltingseffekt, altså effekten av at bilister følger vei (i dette tilfellet den nye veien) som er anbefalt av fysisk skilting langs veien og/eller digitale reiseapper. Denne effekten forventes å redusere GK til ny vei, altså $\beta_o < 0$. Tallverdien kan tolkes i kroner i vår modell, og absoluttverdien representerer betalingsvilligheten for å kunne kjøre på den nye veien som er uavhengig av øvrige faktorer (ulike reiselengde, bompenger, ulike tidsverdier og ulike reisetider).

Vi er interessert i relativ tidsverdi for ny og gammel vei. Vektet gjennomsnitt av tidsverdiene skal gjenspeile et vanlig tidsverdinivå ($\beta_{t,GEN}$). Vi forutsetter at dette skal gjelde for periode 2 (etter innføring av bom) og vekter dermed med sannsynligheten av å velge ny vei med bom (P^{NY}_2):

$$(5) \quad P^{NY}_2 * \beta_{t,NY} + (1 - P^{NY}_2) * \beta_{t,GA} = \beta_{t,GEN}$$

Ukjente variabler i denne modellen er μ , β_o , $\beta_{t,NY}$ og $\beta_{t,GA}$.

Det er ikke mulig å finne løsning for alle fire variablene samtidig, men vi kan tallfeste μ og beregne tidsverdiene $\beta_{t,NY}$ og $\beta_{t,GA}$ som funksjon av β_o . Hvordan dette løses matematisk er beskrevet i vedlegget.

De resulterende tallverdiene vil avhenge av inndata for de øvrige variablene. Disse er tallfestet i vårt case som oppsummert i tabell 5.1.

Tabell 5.1: Tallfesting av inndata i modellen.

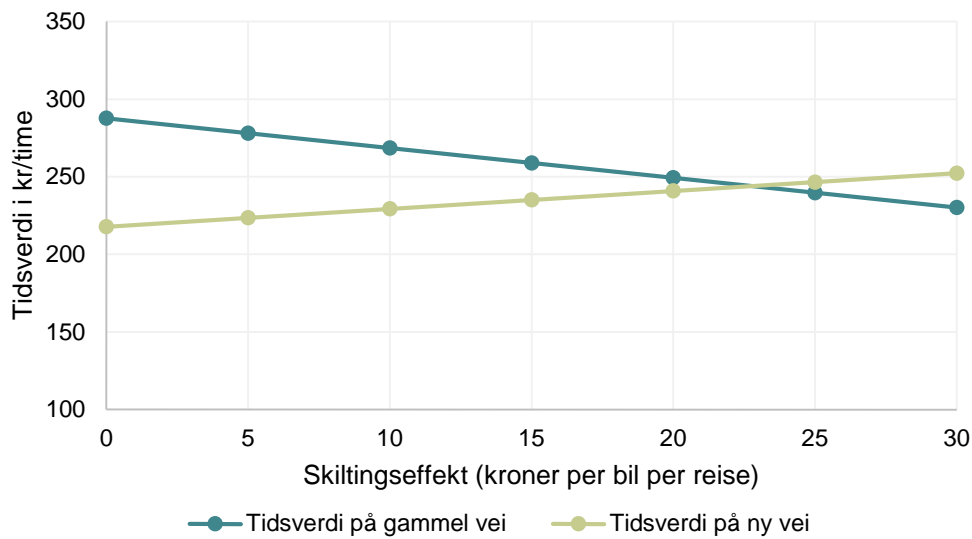
Variabel	Forklaring	Verdi	Enhet
P^{NY}_1	Andel som velger ny vei før bom ifølge tellinger (gitt trafikktegninger for september 2019)	79,8	%
P^{NY}_2	Andel som velger ny vei etter bom ifølge tellinger (gitt trafikktegninger for okt-des. 2019)	62,5	%
c	Adferdsrelevante kilometerkostnader	1	kr/km
D^{NY}	Distanse på ny vei	25,37	km
T^{NY}	Tidsbruk ny vei	0,245	timer
B	Bompenger inkl. rabatt	35	kr
D^{GA}	Distanse på gammel vei	26,47	km
T^{GA}	Tidsbruk gammel vei	0,375	timer
$\beta_{t,GEN}$	Generisk tidsverdi per bil	244	kr/time

Reisetiden på den nye veien (14,7 minutter=0,245 timer) innebærer altså en tidsbesparelse overfor den gamle veien (22,4 minutter) på 7,7 minutter. Sammen med noen få innsparte kjørekostnader (rundt 1 kr) grunnet forkortet distanse, førte det til at markedsandelen til den nye veien var 79,8% rett etter åpningen. Etter innføring av bomstasjonen, som innebærer en kostnad på i gjennomsnitt 35 kroner, falt denne markedsandelen til 62,5 %.

Antakelsen om et generisk tidsverdinivå på 244 kr/time per bil er basert på et gjennomsnitt av tidsverdier for ulike segmenter basert på resultater fra Verdsettingsstudien.

Forutsetningene i disse beregningene er gjengitt i vedlegg B.

Med disse antakelsene kan vi beregne tidsverdiene $\beta_{t,NY}$ og $\beta_{t,GA}$, gitt ulike antakelser om skiltingseffekten β_o . Resultatene er illustrert i figur 5.1.



Figur 5.1: Tidsverdier for gammel og ny vei Arendal–Tvedestrand som funksjon av antatt effekt av skilting, gitt at gjennomsnittlig tidsverdi per bil er 244 krone per time.

Vi ser at tidsverdien for ny vei øker (det vil si at antatt komforteffekt reduseres) med økende antatt effekt av skilting. Dette kommer av at både skiltingseffekten og reisekomfort på ny vei øker sannsynligheten til å velge ny vei (det er derfor en trade-off som må oppfylles slik at modellen forblir konsistent med observerte trafikktegninger).

Tabell 5.2 angir noen konkrete tall for relative tidsverdier når vi setter skiltingseffekt til 0 kr, 10 kr («moderat») og 20 kr («stor»)

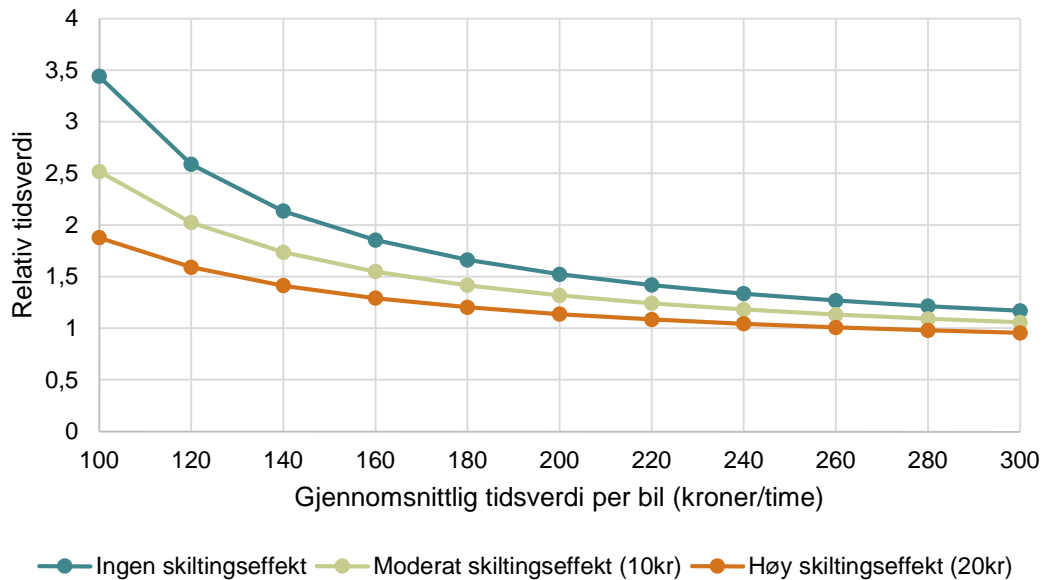
Tabell 5.2: Relative tidsverdier gitt antakelse om effekt av skilting.

Relative tidsverdier	Antatt effekt av skilting		
	Ingen	Middels (10kr)	Stor (20kr)
Ny vei	0,89	0,94	0,99
gammel vei	1,18	1,10	1,02

Verdiene ligger en del lavere enn verdiene basert på Hensher og Sullivan 2003. Gitt en middels antatt skiltingseffekt ligger forholdstallet på 1,17 (1,1/0,94), Verdien uten skiltingseffekt på 1,33 (1,18/0,89) er noe høyere, men lavere enn 2,33 basert på Hensher og Sullivan 2003 (avsnitt 4.1).

Det er viktig å poengtere at de relative tidsverdier og forholdstallet avhenger sterkt av antatt tidsverdinivå ($\beta_{t,GEN}$)

Dette er vist i figur 5.2.



Figur 5.2: Tidsverdi for gammel vei relativt til ny vei Arendal–Tvedestrand som funksjon av antatt gjennomsnittlig tidsverdi og gitt ulike antakelser om effekten av skilting.

Med et tidsverdinivå mellom 100 og 120 kr/time per bil har vi et forholdstall i størrelsesorden av resultatene til Hensher og Sullivan 2003. Dette er imidlertid en svært lav tidsverdi sett i forhold til de anbefalte nasjonale verdiene.

Tidsverdinivå per bil vil avhenge av blant annet distansefordeling, reisehensiktsfordeling og passasjerbelegg. Det er betydelig usikkerhet i anslagene til disse variabler som ligger bak den antatte gjennomsnittlige tidsverdien på 244 kr/time per bil siden vi ikke har direkte/observerte tall for disse størrelsene for E18 Tvedestrand–Arendal (se også vedlegg B).¹³

¹³ Tvetter mfl. (2020), som bruker dette caset til å beregne nivået på tidsverdien (gitt ingen komforteffekt) finner tegn på at tidsverdien er høyere enn verdiene fra Verdsettingsstudien. Denne sammenlikningen er imidlertid basert på foreløpige verdier fra 2019, der tidsverdien for bil ligger lavere enn i de endelige anbefalingene gjengitt av Flügel mfl. (2020).

6 Oppsummering av verdier og diskusjon

I dette kapitlet oppsummerer vi funnene fra de foregående kapitlene og diskuterer implikasjonene av disse. De konkrete anbefalingene er vist i kapittel 7.

6.1 Kvantitativ oppsummering

Figur 6.1 oppsummerer faktorene fra avsnitt 4 og 5. I denne tabellen har vi normalisert beste nivå til verdi 1 slik at alle faktorer er større enn 1. Vi inkluderer både resultater som er nært knyttet til veitypene i delkapittel 2.2 og andre typer komforteffekter, men har skjønnsmessig sortert elementer etter antatt relevans for dette notatet.

Vi anser caset Tvedestrand – Arendal for å ha høyest relevans siden dette er direkte knyttet til veistandard og er basert på aktuelle norske preferanser avledet fra RP-data. Samtidig er resultatene her følsomme for hvilke antakelser en gjør om nivået på tidsverdien og størrelsen på skiltingeffekten.

Den andre sentrale kilden er Hensher og Sullivan 2003 som også er direkte knyttet til veistandard (antall felt). Relevansen er noe lavere siden den er basert på eldre preferanse-data fra New Zealand, og er basert på SP-metode som ikke nødvendigvis gir verdier som er konsistente med faktisk atferd.¹⁴

Tabellen viser også om faktorer er kontrollert for objektiv ulykkesrisiko (se diskusjon i avsnitt 3) og for mulige skiltingeffekter (se avsnitt 3). Gammel vei Tvedestrand – Arendal inngår to ganger i tabellen med to ulike antatte effekter av skilting.

¹⁴ Det kan for eksempel være at respondentene legger mer vekt på veibredde og kurvatur når disse inngår eksplisitt som attributter («fokuseffekt»), noe som kan forsterkes av bruken av illustrasjoner.

Tabell 6.1: Oppsummering av tidsverdifaktorer, relativt til verdsetting av reisetid for «beste nivå» (høyeste komfort)

Element (sortert etter antatt relevans)	Faktor	Basis	Kontr. for ulykkesrisiko	Kontr. for skiltingseffekt	Kilde
Gammel vei Tvedestrand – Arendal	1,33	Ny vei Tvedestrand – Arendal	Nei	Antatt 0 kr	Avsnitt 5
Gammel vei Tvedestrand – Arendal	1,17	Ny vei Tvedestrand – Arendal	Nei	Antatt 10 kr	Avsnitt 5
Rett 2 felts-vei uten midtdeler	2,32	Rett 4 felts-vei med midtdeler	Nei	Ja	Beregnet basert på Hensher og Sullivan (avsnitt 4.1)
Svingete 2 felts-vei uten midtdeler (rett 4 felts-vei med midtdeler)	2,68	Rett 4 felts-vei med midtdeler	Nei	Ja	Beregnet basert på Hensher og Sullivan (avsnitt 4.1)
Veioverflate: middels høy IRI (7,5) – urban vei (rural vei i parentes)	1,44 (1,71)	Lav IRI (0-2.5) – urban vei (rural vei)	Nei	Nei	NZ Transport Agency 2018
Veioverflate: høy IRI (15) – urban vei (rural vei i parentes)	2,05 (2,20)	Lav IRI (0-2.5) – urban vei (rural vei)	Nei	Nei	NZ Transport Agency 2018
Sykkelfelt	1,70	Separat sykkelvei	Nei	Nei	Hulleberg mfl. 2018
Gang og sykkelvei	2,17	Separat sykkelvei	Nei	Nei	Hulleberg mfl. 2018
Veibanen	2,01	Separat sykkelvei	Nei	Nei	Hulleberg mfl. 2018
Dagens bilteknologi	1,43	Full automat.	Ja	Ikke relevant	Flügel mfl. 2019 (avsnitt 4.2.2)
Reisetid i bil	1,16	Reisetid i tog	Nei	Ikke relevant	Flügel 2015 (avsnitt 4.2.2)
Reisetid i fly	2,03	Reisetid i tog	Nei	Ikke relevant	Flügel 2015 (avsnitt 4.2.2)

Fra litteraturen ser vi at mange elementer ligger på en faktor rundt 2. Dette tilsvarer at tidsverdien er dobbel så høy som i antatt beste situasjon. Det må anses som en relativ stor verdi og – hvis oversatt til rutevalg – innebærer at man er villig til å godta dobbelt så lang reisetid om man kan få bedre komfort.

Som vist i kapittel 4.3 ligger faktorene for verdsetting av (sterk) kø oppunder 2,0 i mange studier, og er beregnet å være 2,3 i den nye Verdsettingsstudien (Flügel mfl. 2020). Dette ligger altså noe høyere enn verdien 1,33, som er estimert for gammel vei i caset Tvedestrand – Arendal (gitt middels antatt skiltingseffekt). Sammenliknet med koeffekten virker størrelsesordenen i tabell 6.1 ikke nødvendigvis høy.

På den andre siden kan verdier på rundt 2 virke noe høyt når vi sammenlikner med komfortfaktorer innenfor kollektivtransport. Resultater i verdsettingsstudien indikerer at faktor for å måtte stå (mot å kunne sitte) er rundt 1,7 og at faktor for å ha dårlig/ingen mobildekning (mot å ha god mobildekning) er rundt 1,4 (Flügel mfl. 2020). Det sagt finnes det tegn på høy komfortfaktorer innenfor kollektivtransport. Basert på en SP-studiet om mulig lyntog mellom Oslo og Bergen fant Flügel (2013) at tidsverdien i tunnel for fritidsreiser var 2,8 ganger så høyt som med «fri sikt» (2,2 for tjenestereiser).

Det empiriske caset Arendal–Tvedestrand tyder derimot på mer moderate tidsverdifaktorer. Vi velger her å legge mest vekt på resultatene uten skiltingseffekt. Grunnen til dette er ikke at vi anser en høyere skiltingseffekt som urimelig, men at dette er noe som uansett ikke inkludert i dagens transportmodeller.

Basert på en helhetsvurdering av litteraturen og det empiriske caset anslår vi følgende faktorer for kategoriene våre, relativt til tidsverdien på firefelts motorvei:

- Firefeltsvei (over 50 km/t): Faktor 1
- Trefeltsvei (over 50 km/t): Faktor 1,17
- Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t): Faktor 1,33
- Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t): Faktor 1,53

Nivået til faktorene for tofeltsvei er satt basert på caset i avsnitt 5 under antakelsen om at skiltingseffekten er «middels». Faktorene for «med midtstripe» og «uten midtstripe» er satt basert på at den gamle veien E18 Tvedestrand-Arendal i hovedsak består av veistreknninger med midtstripe. Den implisitte relative forskjellen mellom med midtstripe (1,33) og uten midtstripe (1,53) er videre satt på samme nivå som funnet for ikke/moderat svingete og rett tofeltsvei i Hensher og Sullivan 2003 (avsnitt 4,1). Faktoren for trefeltsveier (1,17) er et skjønnsmessig anslag siden vi ikke har direkte empiri for trefeltsveier, verken fra litteraturgjennomgangen eller fra case.

Faktorene er ikke ment å bare reflektere antall felt, men også kurvatur og andre faktorer som også varierer mellom disse veitypene (for eksempel veioveflate). I og med at disse egenskapene også vil variere innad i hver veitype, vil ikke faktorene nødvendigvis være like representative for alle veier som inngår i den aktuelle veitypen.

Vi understreker ellers at usikkerheten knyttet til disse faktorene er nokså høy. En tidsverdifaktor på 1,53 for minst komfortable veitype sammenliknet med mest komfortable veitype framstår som en rimelig størrelsesorden, men det er fullt mulig at faktoren ligger betydelig nærmere 1,0 eller opp mot 2,0 eller noe over. En faktor betydelig høyere enn 2,0 framstår mindre sannsynlig.

6.2 Justering for ulykkesrisiko

Faktorene er kun ment å reflektere forskjeller i kjørekomfort. Denne kan inkludere opplevd utrygghet, men ikke verdsetting av liv og helse for seg selv eller andre knyttet til forskjeller i ulykkesrisiko. Verdien av ulykker inngår allerede i samfunnsøkonomiske analyser og behandles som en ekstern kostnad.¹⁵

Siden vi mangler empirisk kunnskap om overlapp mellom kjørekomfort og trafikksikkerhet for bil (se avsnitt 3) må vi foreta en skjønnsmessig nedjustering.

For å gjøre dette litt systematisk kan vi diskutere i hvilken grad overlappen bør være høyere eller lavere enn for sykling. Som nevnt i avsnitt 3 finnes det noen empiri om at halvparten av den totale sykkelkomforten kan relateres til ulykkesrisiko.

¹⁵ I prinsippet kunne en sett for seg at noe av ulykkesrisikoen ble behandlet som en privat kostnad, altså en faktor som påvirker reisetterspørselen, mens resten utgjør en ekstern kostnad. Fridstrøm (2017) påpeker at bilforsikring innebærer at en større del av ulykkesrisikoen blir en ekstern kostnad, ettersom en selv blir forsikret mot konsekvensene og derfor i mindre grad trenger å ta hensyn til disse.

Tabell 6.2: Forhold som påvirker i hvilken grad faktorene for verdsetting av kjørekomfort bør nedjusteres for å ikke å inkludere verdsetting av ulykkesrisiko

Påstand om bilkjøring utenom byer (sammenliknet med sykkel sykling)	Skjønnsmessig vurdering	Usikkerhet	Betydning for justering i forhold til sykkel
Rutevalg er i mindre grad avhengig av «myke faktorer» som opplevd komfort og ulykkesrisiko	Trolig sant	Lav	Uklart – avhenger av relativ betydning av komfort mot ulykkesrisiko
Objektiv ulykkesrisiko lavere generelt (per tidsenhet)	Sant	Lav	Uklart – avhenger av forskjeller på veityper
Forskjeller i objektiv ulykkesrisiko mellom veityper lavere	Trolig sant	Moderat	Mindre nedjustering
Ren kjøreglede generelt lavere	Trolig sant	Moderat	Uklart – avhenger av forskjeller på veityper
Forskjeller i ren kjøreglede mellom veityper lavere	Trolig sant	Høy	Større nedjustering

Vår skjønnsmessige vurdering er at ulykkesrisiko trolig har mindre betydning for adferden i bil (utenom byer) enn for sykkel, og også relativt sett til den rene kjøregleden. Dette taler for en noe mindre nedjustering for bil.

Vi forslår en nedjusteringsfaktor på 25 % (sammenliknet med 50 % for sykling som anbefalt i verdsettingsstudien). Selv om forholdet mellom kjøreglede og trafikksikkerhet kan være heterogent på tvers av veitypene, anbefaler vi en generisk nedjustering for de tre veitypene trefeltsvei, tofeltsvei med midtstripe og tofeltsvei uten midtstripe. I og med at nedjusteringen er nokså moderat i utgangspunktet, vil ikke eventuell usikkerhet i denne ha stor betydning for de anbefalte tidsverdifaktorene. Faktorer med og uten nedjustering er vist i neste delkapittel

Denne nedjusteringsfaktoren gjelder for bruk av tidsverdifaktorene i nytteberegninger der verdsetting av ulykkesrisiko inngår som en egen post. Dersom faktorene skal brukes i trafikkberegninger trenger en ikke nødvendigvis å gjøre samme nedjustering, her er målet å forklare de reisendes valg best mulig. Her må en i samtidig se dette i sammenheng med de øvrige parameterne i modellen.

6.3 Faktorer i forhold til tidsverdi på en typisk reise

Basert på faktorene i delkapittel 6.1, justeringen i delkapittel 6.2 og tallene for transportarbeid i delkapittel 2.4 har vi beregnet tidsverdifaktorer for hver av veitypene i delkapittel 2.2. Faktorene er normalisert slik at gjennomsnittet av de fire faktorene utenfor tettbygd strøk – vektet etter transportarbeid – blir 1,0. Dette gir faktorer som uttrykker tidsverdien for den aktuelle veitypen relativt til tidsverdien for en typisk reise.

Vi har avrundet de anbefalte verdien til hele 0,05-enheter. Dette for å unngå inntrykket om at tallene er veldig presise (ettersom usikkerheten er nokså høy).

Tabell 6.3: Tidsverdifaktorer for hver veitype, relativt til tidsverdien på en typisk reise

	Faktor i forhold til beste nivå - ujustert	Faktor i forhold til beste nivå - justert	Anbefalt faktor
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)			1,00
Firefeltsvei (over 50 km/t)	1	1	0,8
Trefeltsvei (over 50 km/t)	1,17	1,12	0,9
Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)	1,33	1,25	1,0
Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)	1,53	1,40	1,15

Som vi ser blir tidsverdifaktoren for tofeltsvei med midtstripe tilnærmet lik 1, mens faktoren for firefeltsvei blir betydelig lavere enn 1. Dette reflekterer at tofeltsveiene står for en betydelig andel av transportarbeidet utenfor byområder, og at de nasjonale tidsverdiene dermed også må antas å være nokså representative for denne veitypen.

Vi understreker igjen at disse faktorene kun reflekterer forskjeller i tidsverdi mellom veityper gitt at andre egenskaper ved reisen er like. Betydningen av disse egenskapene blir ivaretatt ved å benytte tidsverdier segmentert etter reisehensikt, reiselengde osv.

6.4 Sammenheng med andre faktorer

Formålet med gjennomgangen vår har vært å gi et grunnlag for å anbefale faktorer for å differensiere tidsverdien etter type vei. Som nevnt innledningsvis og illustrert i kapittel 5, kan de reisende også ha preferanser for bestemte veityper som ikke henger sammen med reisetiden. En naturlig tolkning av dette fastleddet er effekten av skilting. I anbefalingene våre har vi lagt mest vekt på de resultatene vi får i det empiriske caset hvis vi antar at det ikke er noe skiltingseffekt. Dersom en har en modell for å forklare de reisendes valg som også inkluderer en skiltingseffekt, kan det være at faktorene våre blir litt for høye med tanke på å stemme med de reisendes valg. Dette er imidlertid ikke relevant for dagens transportmodeller, som ikke inkluderer effekter av skilting.

Som drøftet i kapittel 3 skal faktorene kun fange opp komforteffekten av veitype, ikke effekten av grad av kø. Et beslektet spørsmål er i hvilken grad disse faktorene skal anvendes i kombinasjon, og i så fall må faktorene være slik at dette ikke gir urimelige utslag. Det er rimelig å anta at veikvalitet har mindre å si hvis en uansett kjører i kø, og at kø er mindre viktig dersom veikvaliteten er dårlig.¹⁶ I neste kapittel gir vi derfor en egen anbefaling om hvilke faktorer en skal bruke dersom en også skal ta høyde for effekten av kø på tidsverdien.

6.5 Faktorer for ulike segmenter

I den norske verdsettingsstudien (Flügel mfl. 2020) er det anbefalt ulike tidsverdier for bilfører og bilpassasjer, der sistnevnte har lavere tidsverdi. Tidligere ble tidsverdier basert på data for bilpassasjer brukt for begge gruppene. Internasjonalt er det få studier som har sett på bilpassasjerer, og litteraturgjennomgangen i dette prosjektet dekker kun bilfører. Vi

¹⁶ I virkeligheten er ikke denne sammenhengen nødvendigvis monoton. Det kan for eksempel være at kombinasjonen dårlig vei og noe kø oppleves verre enn dårlig vei og mye kø. Vi har ikke grunnlag for å si noe mer om denne sammenhengen.

har derfor ikke grunnlag for å si om kjørekomfort er relativt sett viktigere eller mindre viktig for bilpassasjer enn for bilfører. Her er det flere forhold som kan trekke i ulik retning:

- A. Bilfører blir mer påvirket av hvor krevende det er å kjøre på ulike veityper
- B. Bilpassasjer blir mer påvirket av bilsyke og muligheten til å utføre andre aktiviteter mens en sitter på.
- C. Bilførers tidsverdi er høyere i utgangspunktet, slik at samme tidsverdifaktor vil innebære en høyere betalingsvilje for kjørekomfort for bilfører.

Disse forholdene sett under ett virker det ikke helt urimelig å benytte felles faktorer for bilfører og bilpassasjer.

Kartleggingen vår gir ellers i liten grad grunnlag for å skille mellom ulike segmenter, for eksempel etter reiselengde eller reisemål. Det er heller ingen åpenbare grunner til at den relative betydningen av kjørekomfort skulle varieres mellom disse segmentene¹⁷, men ett spørsmål peker seg ut: Bør faktorene være de samme for tjenestereiser som for andre reiser (arbeids- og fritidsreiser)?

Flügel mfl. (2020) antar at enkelte faktorer har mindre betydning på tidsverdien for tjenestereiser enn for andre reiser, begrunnet med at disse er komfortfaktorer som ikke påvirker arbeidsgivers verdsetting av spart reisetid. Dette gjelder for eksempel trengsel om bord og kø. De anbefalte tidsverdifaktorene er i disse tilfellene nærmere 1 for tjenestereiser.

Når det gjelder kjørekomfort, er dette en faktor som i hvert fall delvis også påvirker muligheten til å arbeide produktivt mens en reiser, noe som tilsier en tidsverdifaktor forskjellig fra 1. Dette gjelder særlig for bilpassasjer, ettersom høy veistandard gjør det lettere å utføre arbeidsoppgaver underveis uten å bli bilsyk. For bilfører kan denne antakelsen kritiseres gitt dagens situasjon, men den vil kunne forsvares for analyser med en viss tidshorisont der ny kjøreteknologi gjør at bilfører i mindre grad trenger å konsentrere seg om kjøringen.

Vi anbefaler å derfor å bruke samme faktorer uavhengig av reisemål.

6.6 Utvikling over tid

Vi har tidligere sett at ny kjøretøyteknologi kan gjøre at tidsverdiene reduseres (delkapittel 4.2.4), alt annet likt. Et annet spørsmål er hvordan den teknologiske utviklingen påvirker de relative faktorene i forrige delkapittel. Her kan en tenke seg flere mulige mekanismer:

1. Ny kjøretøyteknologi gir økt opplevd trygghet og kjørekomfort også på veier av lav standard. Dette trekker i retning av mindre spredning i de relative faktorene. (Alle blir nærmere 1,0.)
2. Ny kjøretøyteknologi gjør det mulig for bilfører å gjøre flere aktiviteter i bilen enn i dag, men kun dersom veistandarden er høy (pga. bilsyke osv.). Dette trekker i retning av større spredning i de relative faktorene. (Alle blir mer forskjellige fra 1,0.)

Basert på at disse effektene trekker i hver sin retning, og at usikkerheten generelt er høy, er det etter vår mening mest naturlig å bruke de samme faktorene til å beregne tidsverdier framover i tid. Som nevnt i forrige avsnitt antar vi ellers like faktorer for tjenestereiser som for arbeids- og fritidsreiser. Dette innebærer at vi allerede tillegger kjørekomfort knyttet til

¹⁷ Når det gjelder skiltingseffekten, er det derimot rimelig å anta at denne er større på reiser en foretar sjelden, altså særlig for lange fritidsreiser.

veitype en nokså høy betydning, noe som kan tale for å ikke øke faktorene ytterligere over tid.¹⁸

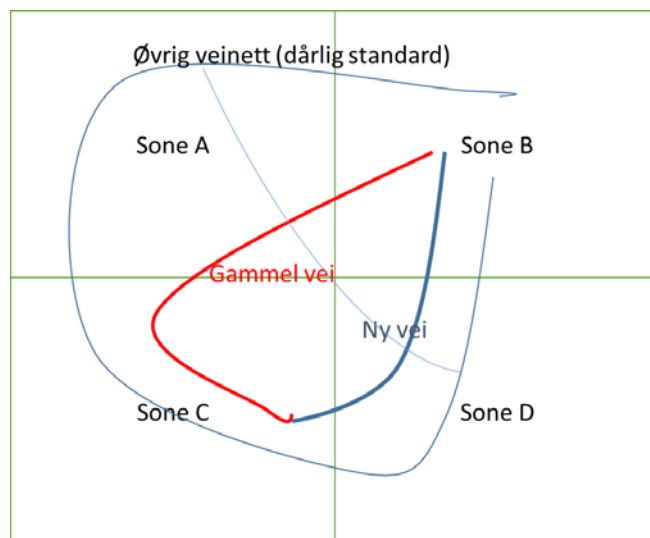
Det kan også tenkes at ny kjøretøyteknologi slår ulikt ut for kjøring i og utenfor tettbygd strøk, slik at de relative faktorene utenfor tettbygd strøk ikke lenger bør være 1,0 i gjennomsnitt. Dette har vi svært lite grunnlag for å kunne si noe om.

Det bør også nevnes at en endring i sammensetningen av veityper over tid vil kunne gjøre at gjennomsnittlig tidsverdi på tvers av veityper endrer seg. Forbedring i veikvaliteten over tid tilsier isolert sett lavere tidsverdi. Hvorvidt dette kan forklare den svake utviklingen i tidsverdi for bilreiser funnet i den nye Verdsettingsstudien (Flügel mfl. 2020), har vi ikke grunnlag for å fastslå.

6.7 Stilisert regneksempel

I dette underavsnittet presenterer vi en forenklet beregning av trafikantnyttene for et hypotetisk eksempel, med og uten bruk av tidsverdifaktorer for veityper.

Det geografiske området for beregningen er inndelt i 4 soner (A-D) og består av en gammel 2-feltsmotorvei og en ny 4-felts-motorvei, samt et øvrige veinett (Figur 6.1).



Figur 6.1: Stilisert illustrasjon av geografisk område i regneksemplet.

I eksemplet beregner vi trafikantnyttene som den nye veien genererer (her kun relatert til reisetidsbesparelser).

Tilsvarende som for beregninger i trafikantnyttmodulen (TNM), så gjøres beregningen i dette eksemplet på sonenivå, dvs. at det beregnes trafikantnytte for alle sonerelasjoner hver for seg. Trafikantnyttene beregnes med trapeslikningen («rule-of-half») der en ny reisende i gjennomsnitt får halve nytten sammenliknet med en eksisterende reisende.

I dette hypotetiske regneksemplet antar vi et rutevalg der bilisten alltid bruker den veien som gir lavest generalisert reisekostnader (GK). GK beregnes her som produkt av tidsbruk, generisk tidsverdi og tidsverdifaktor.

¹⁸ For en samfunnsøkonomisk analyse med lang tidshorison vil dette eventuelt kunne bety at en overdriver betydningen av kjørekomfort tidlig i analyseperioden, men underdriver den senere i perioden. For resultatene av den samfunnsøkonomiske analysen er dette i så fall av mindre betydning.

Vi har antatt etterspørsel og tidsbruk mellom de 4 soner i referanse og tiltaksscenario (Tabell 6.4).

Tabell 6.4: Antatt etterspørsel og tidsbruk i hypotetisk regneeksempel.

		Referanse	Tiltak
Antatt etterspørsel fordelt over 4 soner	A-B	2000	2000
	A-C	1000	1000
	A-D	200	200
	B-C	6347	6504
	B-D	900	1000
	C-D	500	600
Antatt tidsbruk (i timer) for beste rute	A-B (gammel vei → gammel vei)	0,2	0,2
	A-C (gammel vei → gammel vei)	0,15	0,15
	A-D (øvrig veinett → øvrig veinett)	0,4	0,4
	B-C (gammel vei → ny vei)	0,375	0,245
	B-D (øvrig veinett → ny vei)	0,4	0,2
	C-D (øvrig veinett → ny vei)	0,3	0,2

Basert på tall i Tabell 6.4 kan vi beregne GK og trafikantnyttene gitt

- Bruk av generisk tidsverdi, dvs. uten faktorer for veityper. Her antatt å være 244 kr/time.
- Med spesifikke tidsverdier basert på anbefalte faktorer, 288 kr/time per bil for gammel vei og 218 kr/time for den nye 4-feltsveien.

Tabell 6.5 gjengir resultatene. Vi ser at spesifikke tidsverdier fører til større forskjeller i GK mellom referanse og tiltak for alle relasjoner der rutevalget endres. Dette resulterer i større trafikantnytte av tiltak. I sum over relasjoner, beregnes trafikantnyttene i dette regneeksempel til en verdi som er rundt 68 % høyere enn ved bruk av generiske tidsverdier.

Vi gjør oppmerksom på at nivået i beregningen kan være kunstig høyt som konsekvens av at vi bruker rutevalg basert på GK mellom (kun) 4 soner.

Tabell 6.5: Resultater av hypotetisk regneeksempel.

	Generisk tidsverdi			Spesifikke tidsverdier		
	GK i referanse	GK i Tiltak	Nytte	GK i referanse	GK i Tiltak	Nytte
A-B (gammel vei → gammel vei)	48,8	48,8	0	57,5	57,5	0
A-C (gammel vei → gammel vei)	36,6	36,6	0	43,1	43,1	0
A-D (øvrig veinett → øvrig veinett)	97,6	97,6	0	115,1	115,1	0
B-C (gammel vei → ny vei)	91,5	59,78	203 817	107,9	53,4	350 237*
B-D (øvrig veinett → ny vei)	97,6	48,8	46 360	115,1	43,6	67 924
C-D (øvrig veinett → ny vei)	73,2	48,8	13 420	86,3	43,6	23 504
Total	858 911	620 609	263 597	1 012 529	597 943	441 665

* Som eksempel så beregnes denne verdien som: $6347 * (107,9-53,4) + 0,5 (6504-6347) * (107,9-53,4)$

Det kan også bemerkes at trafikantnyttene for ytterligere tiltak på allerede eksisterende 4-feltsveier (f.eks. innkortinger eller tiltak som øker fart, men ikke innebærer økt komfort) vil gi lavere trafikantnytte med bruk av veitypespesifikke tidsverdier. Det fordi en gitt tidsbesparelse verdsettes med en lavere verdi ved bruk av en tidsverdifaktor av mindre enn 1. Det å tillate høyere fartsgrenser på firefeltsvei vil også få noe lavere nytte enn ved bruk av generiske tidsverdier.¹⁹

Derimot vil den nye metoden føre til høyere nytte for prosjekter som gir kortere reisetid på 2-feltsveier (siden tidsverdien økes). Isolert sett vil det også bli mer lønnsomt med høyere fartsgrense på 2-feltsveier enn ved bruk av generiske tidsverdier.

Forventet effekt av å ta hensyn til kjørekøkomfort for ulike typer veiprojekter er oppsummert i tabell 6.6.

Tabell 6.6: Forventet effekt av innføring av faktorer for kjørekøkomfort på trafikantnytte.

Tiltak	Forventet effekt
4-feltsvei erstatter en 2-feltsvei (3-feltsvei)	Stor økning
3-feltsvei erstatter en 2-feltsvei	Moderat økning
Forkorting/fartsøkning på en allerede eksisterende 4-feltsvei	Stor nedgang
Forkorting/fartsøkning på en allerede eksisterende 3-feltsvei	Liten nedgang
Forkorting/fartsøkning på en allerede eksisterende 2-feltsvei med midtstripe	Ingen forskjell
Forkorting/fartsøkning på en allerede eksisterende 2-feltsvei	Moderat økning

¹⁹ Se Elvik (2017) for en diskusjon om optimale fartsgrenser basert på samfunnsøkonomisk verdsetting av reisetid, ulykkesrisiko og andre nyttekomponenter.

7 anbefalinger

I dette kapitlet oppsummerer vi kort anbefalingene våre og gir noen anbefalinger når det gjelder videre implementering av disse. Avslutningsvis kommer vi med noen anbefalinger om videre forskning.

7.1 Tidsverdier for ulike veityper

Basert på en samlet vurdering av funnene i kapitlene over anbefaler vi å bruke tidsverdifaktorene i Tabell 7.1 for samfunnsøkonomiske analyser der en ønsker å skille mellom ulike veityper. Tidsverdiene er angitt som faktorer som uttrykker verdsettingen relativt til tidsverdien for en typisk reise. For å få tidsverdien i kroner for en bestemt veitype, skal en altså gange denne faktoren med de nasjonale tidsverdiene til Flügel mfl. (2020).

Faktorene er like for bilfører og bilpassasjer og for tjenestereiser og andre reiser. Vi viser likevel denne inndelingen i tabellen for å tydeliggjøre at faktorene også kan brukes for disse segmentene

Tabell 7.1: Anbefalte tidsverdifaktorer for ulike veityper, relativt til tidsverdien på en typisk reise.

Veitype	Bilfører		Bilpassasjer	
	Tjeneste-reiser	Arbeids- og fritidsreiser	Tjeneste-reiser	Arbeids- og fritidsreiser
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)	1,0	1,0	1,0	1,0
Firefeltsvei (over 50 km/t)	0,8	0,8	0,8	0,8
Trefeltsvei (over 50 km/t)	0,9	0,9	0,9	0,9
Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)	1,15	1,15	1,15	1,15

Vi anbefaler å bruke de samme faktorene for framskrivning av tidsverdier framover i tid.

Faktorene inkluderer verdsetting av kjørekomfort knyttet til veitype. Dette inkluderer ikke verdsettingen av forskjeller i ulykkesrisiko (drepte og hardt skadde) mellom ulike veityper. Verdien av dette kan altså inkluderes i tillegg i den samfunnsøkonomiske analysen uten at det blir dobbelttelling.

Faktorene inkluderer heller ikke eventuelle forskjeller i grad av kø på ulike veityper. Effekten av kø på tidsverdi kan altså inkluderes i tillegg uten at dette blir dobbelttelling. Vi anbefaler imidlertid at en som hovedregel ikke kombinerer effekten av veitype og effekten av kø. Dette både fordi det kan gi betydelige utslag på tidsverdien og fordi det trolig ikke er så mange prosjekter der begge disse temaene er relevante. Dersom faktorene skal anvendes i kombinasjon, anbefaler vi at de nedjusteres noe, slik at den samlede effekten ikke gir ekstreme utslag. Et forslag til en slik nedjustering er vist nedenfor.²⁰

²⁰ Dette er en skjønnsmessig nedjustering som gir lavere faktorer samlet sett, med på en slik måte at mer kø fortsatt gir høyere tidsverdi gitt veitype, og dårligere vei gir høyere tidsverdi gitt nivå av kø.

Tabell 7.2. Anbefalte tidsverdifaktorer for ulike veityper gitt ulik grad av kø.

	Typisk reise	Fri flyt	Moderat kø	Sterk kø
Veier i tettbygd strøk (inntil 50 km/t)	1	1	1	1
Firefeltsvei (over 50 km/t)	0,8	0,75	0,85	0,95
Trefeltsvei (over 50 km/t)	0,9	0,88	0,93	0,98
Tofeltsvei med midtstripe (over 50 km/t)	1	1	1	1
Tofeltsvei uten midtstripe (over 50 km/t)	1,15	1,19	1,11	1,04

7.2 Implementering og uttesting

Vi mener at å differensiere tidsverdien etter veitype isolert sett vil gi et bedre grunnlag for å forklare de reisendes valg og beregne nytten av veiprosjekter, noe som vil innebære en forbedring av beslutningsgrunnlaget sammenliknet med tidligere. Samtidig er det ikke åpenbart hvordan dette vil slå ut i praksis når en ser det i sammenheng med de øvrige forutsetningene for analysene. Det er derfor viktig at metodene testes ut sånn at en kan identifisere eventuelle urimelige utslag.

Ett viktig spørsmål er om tidsverdifaktorene skal brukes både i trafikkberegninger (særlig modellering av rutevalg) og beregning av trafikantnytt, eller bare i sistnevnte. Isolert sett vil det være mest konsistent å bruke dem til begge deler. Gitt at det allerede eksisterer utfordringer med manglende konsistens mellom trafikkberegninger og nytteberegninger, kan det imidlertid være at konsistensen blir bedre enn i dag, eller i hvert fall ikke verre, dersom faktorene bare blir brukt i nytteberegningene.

Dette må imidlertid ses i sammenheng med andre pågående utviklingsaktiviteter, for eksempel en finere differensiering av tidsverdier etter reiselengde (Flügel og Madlien 2020). Som vist i kapittel 5 vil det å bruke en høyere tidsverdi gjøre at de komfortfaktorene som trengs for å forklare de bilreisendes rutevalg bli mindre. Vi anbefaler uansett at en tester ut faktorene i nytteberegninger før en eventuelt implementerer dem i transportmodellene.

Dersom det viser seg teknisk vanskelig å implementere tidsverdifaktorene i verktøyene for beregning av trafikantnytte, kan et alternativ være å bruke en fast faktor for å opp- eller nedjustere nytten knyttet til tidsbesparelser i ettertid, avhengig av veitype. En slik faktor må i så fall baseres på konkrete og realistiske regneeksempler der en ny vei erstatter eller kommer i tillegg til en gammel. En slik etterjustering av nytten betyr samtidig at en ikke bruker tidsverdifaktorene til å forklare de reisendes valg i transportmodellen eller nytteberegningene, og må etter vår mening anses som en nødløsning.

I delkapittel 6.7 har vi vist at det å bruke disse faktorene til å differensiere tidsverdien etter veitype kan slå ganske mye ut på trafikantnytt. Det er viktig at både de som gjør analyser og bruker resultatene er klar over dette og at det tydelig hvilke metoder og forutsetninger som er brukt når en sammenlikner resultater for ulike prosjekter. Det kan også være hensiktsmessig å vise resultater med og uten komforteffekten for samme prosjekt.

7.3 Operasjonalisering av veityper i modellsystemet

I kapittel 2.2 har vi beskrevet vi hvordan vi har klassifisert de ulike veitypene basert på fartsgrense, antall felt og langsgående vegoppmerking (midtstripe), som alle er egenskaper som finnes i NVDB. Per i dag (juni 2020) finnes fartsgrense som en egenskap i transportmodellsystemet. Det gjør også feltyper, men opptellingen av antall felt gjøres på

en annen måte. Denne metoden er forklart i avsnitt 2.3. Midtstripe er ikke inkludert i uttaket til modellsystemet.

For at bruken av tidsverdifaktorene i Tabell 7.1 skal være så konsistent som mulig, anbefaler vi at de tre egenskapene inkluderes i etatenes standardverktøy, og at omkodingen til veityper blir operasjonalisert i TNext/Cube-systemet slik at hver lenke vil ha en egenskap som gir informasjon om lenkens (komfort-) veitype.

Vi er klar over at det ikke er ønskelig å splitte opp dagens lenker ytterligere. For å unngå at inkludering av midtlinje fører til flere lenker, anbefaler vi at hver veitype får en egen lenkeegenskap som forteller hvor stor andel som tilhører denne veitypen.

7.4 Usikkerhet og videre forskning

Gitt tidsrammene for dette prosjektet måtte vi bruke forenklete metoder til å tallfeste preferanser for kjørekomfort på ulike veityper. Følgende usikkerhetsmomenter er identifisert:

- 1) Det finnes lite empiri fra tidligere studier (ingen måler norske preferanser/betalingsvillighet for kjørekomfort gitt veitype).
- 2) Case-studien (kapittel 5) er basert på aggregerte tall (trafikktellinger), og innebærer derfor et visst usikkerhetsmoment, siden vi ikke observerer individuelle rutevalg fra start- til sluttsted.
- 3) Med de tilgjengelige dataene var det heller ikke mulig tallfeste skiltingeffekten i dette caset, og vi kunne ikke estimere tidsverdiene for gammel og ny vei uten å anta et generelt tidsverdinivå. Dersom en antar et høyere nivå på tidsverdien, vil forskjellen i tidsverdi som skal til for å forklare rutevalget bli lavere.
- 4) Videre er det usikkert om caset er representativt for hele Norge/hele veinettet
- 5) Verken fra litteraturgjennomgang eller fra caset kan vi indentifisere forskjeller i faktorer for ulike reisehensikter (eller andre segmenter)
- 6) Det er lite/ingen empiri om i hvilken grad kjørekomforten på ulike veityper overlapper med kø-komfort og trafiksikkerhet.

For videre forskning forslår vi en GPS-basert analyse av rutevalg i bil tilsvarende det TØI gjennomførte for sykling (Hulleberg mfl. 2017). Med dette kunne vi løse punkt (1-5) nevnt ovenfor. Hvis man kombinerer denne GPS (RP)-tilnærmingen med en SP-undersøkelse blant deltakerne kunne man fange opp (6).

Hvis en slik studie anlegges landsdekkende vil man trolig også kunne fange opp andre komfortfaktorer, som for eksempel tunneleffekter eller ferjeeffekter.

Referanser

- BCHF (2002). *Project Evaluation Benefit Parameter Values*. Prepared for Transfund New Zealand by Beca Carter Hollings & Ferner Ltd in association with Steer Davies Gleave, Forsyte Research and Brown Copeland & Co.
- Börjesson, M., & Eliasson, J. (2019). Should values of time be differentiated? *Transport reviews*, 39(3), 357-375.
- Byström et al. 2012: *Monetary valuations of ride quality and pavement condition*, WSP, hentet fra: <https://www.h-a-d.hr/pubfile.php?id=703>
- Elvik (2017). *Miniscenario: Fartsgrensepolitikk. Virkninger på trafikksikkerhet av ulike fartsgrenser*. TØI-rapport 1589/2017.
- Flügel (2013) *Valuation of travel time savings for future train trips between Oslo and Bergen – A Bayesian analysis concentrating on the heterogeneity between and within two market segments*, UMB, 2013, tilgjengelig her https://www.researchgate.net/publication/341735084_Valuation_of_travel_time_savings_for_future_train_trips_between_Oslo_and_Bergen_-_A_Bayesian_analysis_concentrating_on_the_heterogeneity_between_and_within_two_market_segments
- Flügel, S., Ramjerdi, F., Veisten, K., Killi, M., & Elvik, R. (2015). Valuation of Cycling Facilities with and without Controlling for Casualty Risk. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(5), 364-376. doi:10.1080/15568318.2013.798749
- Flügel (2019) *Hvordan kan vi ivareta spesifikke tidsverdier for reisetid i kø i nyttekostnadsanalyser basert på etterspørselsdata fra RTM? TØI-arbeidsdokument 51466*
- Flügel S., Halse A.H., Hulleberg N., Jordbakke G.N., Veisten K., Sundfør H.B., & Kouwenhoven M. (2020). *Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer. Dokumentasjonsrapport til Verdsettingsstudien 2018-2019*. TØI-rapport 1762/2020
- Flügel og Madslie (2020) *Tidsverdi som kontinuerlig funksjon av reisedistanse*. TØI-rapport 1778/2020.
- Halse, A. H. (2019). *Samfunnsøkonomisk lønnsomhet og hensynet til geografisk fordeling*. TØI-rapport 1739/2019.
- Hartmann, A., & Ling, F. Y. Y. (2016). Value creation of road infrastructure networks: A structural equation approach. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 3(1), 28-36.
- Hensher, D. A., & Sullivan, C. (2003). Willingness to pay for road curviness and road type. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(2), 139-155.
- Hulleberg N., Flügel S., Ævarsson, G. (2018). *Vekter for sykkelinfrastruktur til bruk ved rutevalg i regionale transportmodeller*. TØI-rapport 1648/2018.
- Ihs, A., Grudemo, S., & Wiklund, M. (2004). *Vägytans inverkan på körkomforten: bilisters monetära värdering av komfort*. Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI meddelande 957
- Jamson m.fl. 2011. *Asset Management: Capturing Road Users' Perceptions of the Agency's Highway Assets and their Management*, University of Leeds.

- Jiao, X., & Bienvenu, M. (2015). Field measurement and calibration of HDM-4 fuel consumption model on interstate highway in Florida. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 4(1), 29-45.
- Kartverket 2016. SOSI generell objektkatalog Vegnett. Versjon 4.6 – juni 2016.
- Madslie A, Hulleberg N og Kwong C K (2019): *Framtidens transportbehov. Framskrivninger for person- og godstransport 2018-2050*. TØI rapport 1718/2019.
- Mouter, N. (2016). Value of Travel Time: To Differentiate or Not to Differentiate?. *Transportation Research Record*, 2597(1), 82-89.
- NOU (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser*. Norges offentlige utredninger 2012:16. Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 18. februar 2011. Avgitt til Finansdepartementet 3. oktober 2012.
- Odoki, J. B., Anyala, M., & Bunting, E. (2013, April). HDM-4 adaptation for strategic analysis of UK local roads. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport* (Vol. 166, No. 2, pp. 65-78). Thomas Telford Ltd.
- Olsson, C. (2003). *Motorists' evaluation of road maintenance management* (Doctoral dissertation, Infrastruktur)
- Perrotta, F., Parry, T., Neves, L. C., Buckland, T., Benbow, E., & Mesgarpour, M. (2019). Verification of the HDM-4 fuel consumption model using a Big data approach: A UK case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, 109-118.
- Retallack, A.E.; Ostendorf, B. Current Understanding of the Effects of Congestion on Traffic Accidents. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 3400.
- NZ Transport Agency (2018). *Economic evaluation manual. First edition, Amendment 2, Effective from 1 July 2018*, hentet fra <https://www.nzta.govt.nz/resources/economic-evaluation-manual>
- Walton, D., Thomas, J. A., & Cenek, P. D. (2004). Self and others' willingness to pay for improvements to the paved road surface. *Transportation research part A: policy and practice*, 38(7), 483-494.
- Wardman, M., Ibáñez, J.N., Tapley, N., and Vaughan, B. (2008): *M6 Toll Study: Modelling of Passenger Choices*. Prepared for the Department for Transport.
- Zaabar, I., & Chatti, K. (2010). Calibration of HDM-4 models for estimating the effect of pavement roughness on fuel consumption for US conditions. *Transportation research record*, 2155(1), 105-116.

Vedlegg

Vedlegg A: Matematisk løsning av modell

Vi løser systemet bestående av tre likninger, med hensyn til de ukjente μ , $\beta_{t,NY}$ og $\beta_{t,GA}$.

Likning (1)

$$P^{NY}_1 = \frac{e^{\mu(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + \beta_{t,NY} \cdot T^{NY})}}{e^{\mu(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + \beta_{t,NY} \cdot T^{NY})} + e^{\mu(c \cdot D^{GA} + \beta_{t,GA} \cdot T^{GA})}}$$

Likning (2)

$$P^{NY}_2 = \frac{e^{\mu(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + B + \beta_{t,NY} \cdot T^{NY})}}{e^{\mu(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + B + \beta_{t,NY} \cdot T^{NY})} + e^{\mu(c \cdot D^{GA} + \beta_{t,GA} \cdot T^{GA})}}$$

Likning (3)

$$P^{NY}_2 \cdot \beta_{t,NY} + (1 - P^{NY}_2) \cdot \beta_{t,GA} = \beta_{t,GEN}$$

Likning 3 kan skrives om til ny tidsverdi som en funksjon av gammel tidsverdi, $\beta_{t,NY} = f(\beta_{t,GA})$.

$$\beta_{t,NY} = \frac{\beta_{t,GEN} - (1 - P^{NY}_2) \cdot \beta_{t,GA}}{P^{NY}_2}$$

Dette uttrykket kan settes inn i likningene 1 og 2. Da har vi redusert systemet til et system med to likninger og to ukjente.

Innsetting av likning 3 i likningene 1 og 2.

Likning 1:

$$P^{NY}_1 = \frac{e^{\mu\left(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + \frac{\beta_{t,GEN} - (1 - P^{NY}_2) \cdot \beta_{t,GA}}{P^{NY}_2} \cdot T^{NY}\right)}}{e^{\mu\left(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + \frac{\beta_{t,GEN} - (1 - P^{NY}_2) \cdot \beta_{t,GA}}{P^{NY}_2} \cdot T^{NY}\right)} + e^{\mu(c \cdot D^{GA} + \beta_{t,GA} \cdot T^{GA})}}$$

$$= \frac{e^{\mu\left(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + \frac{\beta_{t,GEN} \cdot T^{NY}}{P^{NY}_2} - \frac{(1 - P^{NY}_2) \cdot T^{NY}}{P^{NY}_2} \cdot \beta_{t,GA}\right)}}{e^{\mu\left(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + \frac{\beta_{t,GEN} \cdot T^{NY}}{P^{NY}_2} - \frac{(1 - P^{NY}_2) \cdot T^{NY}}{P^{NY}_2} \cdot \beta_{t,GA}\right)} + e^{\mu(c \cdot D^{GA} + \beta_{t,GA} \cdot T^{GA})}}$$

Likning 2:

$$P^{NY}_2 = \frac{e^{\mu\left(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + B + \frac{\beta_{t,GEN} - (1 - P^{NY}_2) \cdot \beta_{t,GA}}{P^{NY}_2} \cdot T^{NY}\right)}}{e^{\mu\left(\beta_0 + c \cdot D^{NY} + B + \frac{\beta_{t,GEN} - (1 - P^{NY}_2) \cdot \beta_{t,GA}}{P^{NY}_2} \cdot T^{NY}\right)} + e^{\mu(c \cdot D^{GA} + \beta_{t,GA} \cdot T^{GA})}}$$

$$= \frac{e^{\mu\left(\beta_o + c * D^{NY} + B + \frac{\beta_{t,GEN} * T^{NY}}{P^{NY}_2} - \frac{(1 - P^{NY}_2) * T^{NY}}{P^{NY}_2} \beta_{t,GA}\right)}}{e^{\mu\left(\beta_o + c * D^{NY} + B + \frac{\beta_{t,GEN} * T^{NY}}{P^{NY}_2} - \frac{(1 - P^{NY}_2) * T^{NY}}{P^{NY}_2} \beta_{t,GA}\right)} + e^{\mu(c * D^{GA} + \beta_{t,GA} * T^{GA})}}$$

For å gjøre det enklere å lese skriver vi om termene.

$$x = \mu$$

$$y = \beta_{t,GA}$$

$$k = T^{GA}$$

$$h = -\frac{(1 - P^{NY}_2) * T^{NY}}{P^{NY}_2}$$

$$a = \beta_o + c * D^{NY} + \frac{\beta_{t,GEN} * T^{NY}}{P^{NY}_2}$$

$$b = c * D^{GA}$$

$$c = P^{NY}_1$$

$$d = B$$

$$f = P^{NY}_2$$

Dermed har vi følgende likningssystem som vi løser med hensyn på x og y .

$$\begin{cases} \frac{e^{x(a+hy)}}{e^{x(a+hy)} + e^{x(b+ky)}} = c \\ \frac{e^{x(a+d+hy)}}{e^{x(a+d+hy)} + e^{x(b+ky)}} = f \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{e^{x(a+hy)} + e^{x(b+ky)}}{e^{x(a+hy)}} = c^{-1} \\ \frac{e^{x(a+d+hy)} + e^{x(b+ky)}}{e^{x(a+d+hy)}} = f^{-1} \end{cases}$$

$$\begin{cases} e^{x(b+ky-a-hy)} = c^{-1} - 1 \\ e^{x(b+ky-a-d-hy)} = f^{-1} - 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(b+ky-a-hy) = \ln(c^{-1} - 1) \\ x(b+ky-a-d-hy) = \ln(f^{-1} - 1) \end{cases}$$

Her må vi forby noen verdier ($k - h$ er ikke null, det vet vi allerede), for å kunne dele med disse.

$$\begin{cases} b + ky - a - hy \neq 0 \\ b + ky - a - d - hy \neq 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} y \neq \frac{a-b}{k-h} \\ y \neq \frac{a+d-b}{k-h} \end{cases}$$

Vi løser likningssystemet og får et uttrykk for x og y .

$$\begin{cases} x = \frac{\ln(c^{-1} - 1) - \ln(f^{-1} - 1)}{d} \\ y = \frac{\ln(c^{-1} - 1)(b - a - d) - \ln(f^{-1} - 1)(b - a)}{(\ln(f^{-1} - 1) - \ln(c^{-1} - 1))(k - h)} \end{cases}$$

Dette kan skrives om med de opprinnelige parameterne.

$$\begin{cases} \mu = \frac{\ln(P_1^{NY-1} - 1) - \ln(P_2^{NY-1} - 1)}{B} \\ \beta_{t,GA} = \frac{\ln(P_1^{NY-1} - 1) \left(cD^{GA} - \beta_0 + cD^{NY} + \frac{\beta_{t,GEN} T^{NY}}{P_2^{NY}} - B \right) - \ln(P_2^{NY-1} - 1) \left(cD^{GA} - \beta_0 + cD^{NY} + \frac{\beta_{t,GEN} T^{NY}}{P_2^{NY}} \right)}{(\ln(P_2^{NY-1} - 1) - \ln(P_1^{NY-1} - 1)) \left(T^{GA} - \left(-\frac{1 - (1 - P_2^{NY}) T^{NY}}{P_2^{NY}} \right) \right)} \end{cases}$$

Vi ser at x (det vil si μ) ikke er avhengig av a , og dermed ikke heller er avhengig av β_0 . Vi får altså en løsning, der kun y (altså $\beta_{t,GA}$) er avhengig av β_0 . Likning 3 gir $\beta_{t,NY}$, og dermed har vi en løsning $(\mu, \beta_{t,GA}, \beta_{t,NY})$. Denne er verifisert gjennom innsetting, løsningen er en reell løsning til likningsystemet.

Vedlegg B: Beregning av gjennomsnittlig tidsverdi for cases Tvedestrand-Arendal

Følgende forutsetninger ble brukt til å beregne tidsverdinivå i avsnitt 5:

- Distansfordeling for korte reiser basert på nettutlagte RTM-turer; segmentert etter reisehensikter
- Distansfordeling for mellomlange og lange reiser: antatt likefordelt innen 70-200km og innenfor 200-600 km basert på andeler i hver reisehensikt. Andeler mellom mellomlang og lange er basert på hele modellområde. Andel for korte turer antatt per reisehensikt sikt at korte turer utgjør i rundt 60% av turene. 60% basert på estimert ut fra trafikkvolumene.
- Enhetsverdier er basert på anbefalinger i Flügel mfl. (2020)
- Kontinuerlige tidsverdier som anbefalt av Flügel og Madslie (2020)
- Belegg per reisehensikt basert tall fra Handbok V712 (vektet over distansegrupper).
- Tidsverdi per bil er beregnet: $Tidsverdi_{bilfører} + (Belegg-1) \cdot Tidsverdi_{bilpassasjer}$.
- Hensiktsfordeling som implisitt gitt fra kjøring i RTM («regmod»). Disse inneholder en relativ høy andel arbeids- (23,55%) og tjenestereiser (12,25%).

Tabell B1: Beregnet tidsverdi gitt forutsetningene

	Gj. snittlig tidsverdi i kr/time	Arbeid	Tjeneste	Fritid	Totalt (vektet gjennomsnitt)
Bilfører	enhetsverdier	119,9	519,3	104,7	159,1
	kontinuerlige tidsverdier	172,7	519,3	123,1	183,3
Bilpassasjer	enhetsverdier	59,7	408,0	94,4	124,7
	kontinuerlige tidsverdier	71,6	408,0	126,1	147,8
Per bil	enhetsverdier	127,0	588,7	220,8	243,8
	kontinuerlige tidsverdier	164,1	588,7	278,0	289,3

Det er usikkerheter i forutsetninger som kan ha påvirket de resulterende tidsverdier.

I avsnitt 5 bruker vi verdiene gitt enhetsverdier avrundet til 244 kr/time per bil.

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et verrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel på internett og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no